

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO EN INFORMÁTICA

Título del proyecto:

GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE INFORMES DE UNA
MICRORRED ENERGÉTICA MEDIANTE ACCESO
REMOTO A BASE DE DATOS Y MONITORIZACIÓN
Y CONTROL A TRAVÉS DE PÁGINA WEB

Alumno: María Muñoz Santos

Tutores: Jesús María Corres Sanz
Julio María Pascual Miqueleiz

Pamplona, 6 de Septiembre de 2013

Índice general

Índice de figuras v

I Introducción 1

I.1. Resumen del proyecto 3

I.2. Aportación personal 5

I.3. Herramientas utilizadas 7

I.3.1. Programación 7

I.3.2. Sistema Gestor de Bases de Datos 9

I.3.3. Sistema de control de versiones 9

I.3.4. PC 10

II Informes automatizados 11

II.1. Introducción 13

II.1.1. Acceso Remoto a Base de Datos 13

II.1.2. Gestión de memoria 14

II.2. Análisis energético diario de la microrred 17

II.2.1. Análisis de los datos 17

II.2.2. Construcción del informe en PDF 22

II.3. Evolución de la potencia pico del campo fotovoltaico 35

II.3.1. Análisis de los datos 35

II.3.2. Construcción del informe en PDF 42

III Control remoto 49

III.1. Objetivo 51

III.2. Estado del arte 53

III.2.1. Alternativas 53

III.2.2. Conclusiones 59

III.3. Servicios Web 61

III.3.1. Introducción 61

III.3.2. Servicios Web en LabVIEW 62

III.3.3. Implementación 65

III.4.	Página Web	71
III.4.1.	Introducción	71
III.4.2.	Seguridad	71
III.4.3.	Tecnologías	72
III.4.4.	Implementación	74
III.5.	Manual de usuario	95
III.5.1.	Servicio Web	95
III.5.2.	Página Web	96
III.6.	Líneas Futuras	103

Índice de figuras

I.3.1.	Nota de autoria de ADO Tools	8
II.1.1.	Conexión Remota desde LabVIEW	14
II.1.2.	Medición del tiempo de ejecución	16
II.1.3.	Pruebas ejecución Análisis Energético Diario	16
II.2.1.	Gráfica Subsistema termico	18
II.2.2.	Recogida datos Análisis Energético Diario	20
II.2.3.	Bucle recogida datos Análisis Energético Diario	21
II.2.4.	Configuración de las gráficas	21
II.2.5.	Guardar imagen de gráfica	21
II.2.6.	Cálculo de DPX de Pred	22
II.2.7.	Modo automático	24
II.2.8.	Modo automático generando	25
II.2.9.	Modo automático ya generado	26
II.2.10.	Selección de fecha en modo manual	27
II.2.11.	Informe generado en modo manual	28
II.2.12.	Inicialización de variables	28
II.2.13.	Recogida de datos	29
II.2.14.	Código de creación del informe	29
II.2.15.	Control pie de página PDF Análisis Energético	30
II.2.16.	Encabezado PDF Análisis Energético	30
II.2.17.	Pie de página PDF Análisis Energético	30
II.2.18.	Código subsistema eléctrico	30
II.2.19.	Log de creación	30
II.2.20.	Análisis Energético Diario Página 1	31
II.2.21.	Análisis Energético Diario Página 2	32
II.2.22.	Análisis Energético Diario Página 3	33
II.2.23.	Análisis Energético Diario Página 4	34
II.3.1.	Esquema de los filtros	37
II.3.2.	Esquema de los filtros	38
II.3.3.	Aspecto general del panel de Potencia Pico	39
II.3.4.	Filtros activados y modo rango	39
II.3.5.	Filtros activados y modo máximo	40
II.3.6.	Filtros desactivados	40
II.3.7.	Potencia pico ejecutándose	41
II.3.8.	Potencia pico: recogida de datos	41
II.3.9.	Regresión lineal	42
II.3.10.	Creación de tablas de 4 meses	43
II.3.11.	Creación de tablas de 4 meses	44
II.3.12.	Encabezado PDF Evolución Potencia Pico	45

II.3.13.	Pie de página PDF Análisis Energético	45
II.3.14.	Análisis Potencia Pico Página 1	47
II.3.15.	Análisis Potencia Pico Página 2	48
III.2.1.	Ejemplo de NI LabVIEWUI Builder	57
III.3.1.	Modelo Request-Response	62
III.3.2.	Arquitectura Servicios Web en LabVIEW	63
III.3.3.	VI Control Microrred	69
III.4.1.	Página de login Ancho	75
III.4.2.	Página de login Medio	79
III.4.3.	Página de login Móvil	80
III.4.4.	Página principal usuario Ancho	81
III.4.5.	Página principal usuario Medio	82
III.4.6.	Página principal usuario Móvil	83
III.4.7.	Página principal administrador Ancho	84
III.4.8.	Página principal administrador Medio	85
III.4.9.	Página principal administrador Móvil	86
III.4.10.	Página de info Ancho	87
III.4.11.	Página de info Medio	88
III.4.12.	Página de info Móvil	89
III.4.13.	Página de admin Ancho	90
III.4.14.	Página de admin Medio	91
III.4.15.	Página de admin Móvil	92
III.4.16.	Usuario estándar	93
III.4.17.	Usuario administrador	93
III.5.1.	Panel frontal wsData	96
III.5.2.	Diagrama de bloques wsData	96
III.5.3.	Diagrama de bloques wsData modificado	97
III.5.4.	Usuario estándar	99
III.5.5.	Usuario administrador	99
III.5.6.	Usuario estándar	100
III.5.7.	Usuario administrador	100
III.5.8.	Código HTML elemento	101
III.5.9.	Se añade el dato tagAeroAnem2	101
III.5.10.	Código Javascript	101

Parte I

Introducción

Capítulo I.1

Resumen del proyecto

Este proyecto se enmarca dentro de un proyecto mayor basado en el desarrollo de una microrred eléctrica en el departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la UPNA. Ese proyecto tiene como finalidad diseñar microrredes eléctricas en las que se implementen estrategias de control para lograr la optimización de sus elementos añadiéndoles nuevas funcionalidades, garantizando el suministro eléctrico de las cargas en funcionamiento aislado, atenuando las perturbaciones introducidas en el punto de conexión a red en funcionamiento conectado a red, y colaborando con la red eléctrica en el mantenimiento de su estabilidad. Asimismo, será una característica muy importante su modularidad, es decir, de permitir la conexión de nuevos elementos según el concepto plug-and-play.

La microrred, que está ubicada en el Campus Arrosadía (Pamplona) de la Universidad Pública de Navarra, tiene una potencia estimada de generación eléctrica máxima de 30kW, teniendo en cuenta los perfiles combinados de generación eólica y fotovoltaica, y el apoyo del grupo electrógeno y pila de combustible. Lógicamente, la potencia total instalada en los elementos será mayor, y su valor se incluye dentro de la descripción de los mismos, a continuación.

La microrred está compuesta por los siguientes elementos:

- Aerogenerador de 6kW.
- Generador fotovoltaico de 4kW formado por 48 módulos BP585.
- Grupo electrógeno de 20kVA.
- Sistema de hidrógeno de potencia 4.8kW, sistema de almacenamiento de $35Nm^3$.
- Banco de baterías, de capacidad de almacenamiento C10 de 72kWh.
- Sistema de acondicionamiento eléctrico (electrónica de potencia) basada en arquitectura mixta.
- Sistema de comunicaciones
- Sistema de monitorización
- Cargas trifásicas controlables para ensayos experimentales de la microrred.

- Interruptor controlado en la conexión a la red eléctrica con objeto de hacer funcionar a la microrred tanto en modo aislado como conectado a red.

El objetivo principal de la microrred es el de constituir una instalación singular para la investigación y desarrollo tecnológico de microrredes eléctricas. Por ello, en su configuración y diseño se ha tenido en cuenta la posible integración futura de nuevos dispositivos, la modularidad necesaria para integrar equipos adicionales que eleven la potencia del sistema o gestionen de distinta manera la energía, y el uso de la microrred como banco de ensayos de nuevos sistemas de acondicionamiento eléctrico, comunicaciones y monitorización.

La microrred establecida cuenta con diversos dispositivos de almacenamiento y generación eléctrica, todos ellos relacionados con las energías renovables. Así pues, un dispositivo central, el inversor híbrido, está conectado a diversos dispositivos. Como fin último se desean desarrollar unas estrategias eléctricas que permitan optimizar la utilización de energías renovables.

Su funcionamiento básico es el siguiente:

El inversor híbrido recoge datos de distintas variables de todos los elementos de la red. Fundamentalmente, según los valores de las potencias de los distintos dispositivos decide si debe inyectarse corriente a la red o almacenarla en dispositivos de almacenamiento como las baterías.

A partir de este proyecto, se desarrolló uno en el que se añadió un Sistema Gestor de Bases de Datos que registra todos los datos generados por la Microrred cada segundo. Este proyecto también proveyó de interfaces para monitorizar el comportamiento de la Microrred, de manera numérica y en gráficas en tiempo real. Además, es capaz de generar históricos en gráficas o en ficheros de texto con los datos almacenados.

Capítulo I.2

Aportación personal

Para conocer a fondo el funcionamiento real de la Microrred, se cree conveniente generar informes automáticos que recojan la mayor cantidad de datos posibles, de manera que aporten datos que resulten relevantes para la evaluación del funcionamiento de la instalación. Estos informes deben ser calculados minuciosamente debido a que la información que aporten tendrá que ser muy precisa.

Interesa que dichos informes puedan ser generados desde otro equipo, para otorgar algo de independencia del ordenador que está conectado al Pxi. Así, ejecutándose desde cualquier otro equipo, se evitaría sobrecargar el PC que controla la Microrred.

Además, hay que tener en cuenta que la Microrred no debe quedar desatendida en ningún momento, debido a que puede llegar a estados que resulten potencialmente peligrosos para el sistema y atenten contra su integridad. Es por eso que surge la necesidad de un sistema de monitorización remoto, para poder acceder a la Microrred desde cualquier momento y lugar.

Esto se complementaría con un sistema de alarmas que fuese capaz de avisar de las acciones peligrosas o los estados conflictivos que pueda alcanzar la Microrred.

Capítulo I.3

Herramientas utilizadas

I.3.1. Programación

I.3.1.1. LABVIEW

El software requerido para desarrollar tanto el flujo de información, el tratamiento de datos y la interacción con el usuario es LabVIEW, de National Instruments.

LabVIEW es una herramienta de programación que usa el lenguaje gráfico G. Es el único lenguaje de su tipo y se caracteriza por una programación que está representada por medio de iconos. Es decir, un fichero de código fuente de LabVIEW no se podrá leer con un procesador de textos, como tantos otros lenguajes de programación. Al tipo de fichero generado se le llama Instrumento Virtual o “VI” y su extensión es .vi. Todos los Vis tienen dos partes: panel frontal y diagrama de bloques. El primero contendrá la interfaz a la que se enfrentará el usuario, mientras que el segundo contendrá el código propiamente dicho. Estas aclaraciones se hacen para futuras referencias durante el documento.

LabVIEW es un programa muy potente para el tratamiento de datos. Además, gracias a la sencillez de su representación, sus VIs pueden ser interpretados por no expertos en programación. Puede comunicarse con dispositivos y otras aplicaciones, como, en nuestro caso, un SGBD (Sistema Gestor de Bases de Datos). Por todo ello es LabVIEW el software un software muy adecuado para este proyecto.

Se usará LabVIEW 2010 Professional Development System de 32 bits.

Además, se necesitarán también una serie de complementos necesarios para la programación descriptiva continuación.

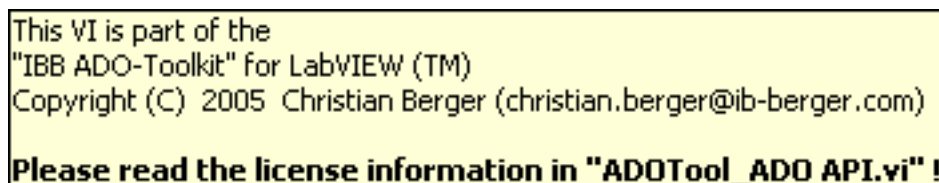
I.3.1.2. ADO TOOLS

El primer complemento que se necesita añadir se utiliza para conectarse a bases de datos, ya que la versión básica de LabVIEW no tiene esa funcionalidad. Hay un toolkit de National Instrument llamado “Database Connectivity Toolkit”. El problema de este software, además de ser un complemento de pago, es que no funcionaba bien conectándose a base de datos de

MSSQL Server, donde está implantada la base de datos. Problemas de eficiencia en este tipo de conexión han hecho descartar esta opción.

ADO Tools es un Addon de LabVIEW que permite conectar a éste con bases de datos.

Es una herramienta que no ha sido desarrollada por National Instruments y que está bajo una licencia de Creative Commons. En concreto, esta licencia permite copiar y distribuir el software, adaptarlo y usarlo incluso con fines comerciales, aunque no sea éste el caso. Lo único que restringe es la autoría del software, que se cumple dejando las notas de autoría en los VIs del addon. Se puede ver la nota de autoría en la Figura I.3.1.



This VI is part of the
"IBB ADO-Toolkit" for LabVIEW (TM)
Copyright (C) 2005 Christian Berger (christian.berger@ib-berger.com)
Please read the license information in "ADOTool_ADO_API.vi" !

Figura I.3.1: Nota de autoría de ADO Tools

Este software se puede utilizar con cualquier sistema gestor de bases de datos (SGBD) que soporte conexiones ODBC, pero está optimizado para Microsoft Access y SQL Server. Esto último será una clara ventaja ya que, como se comenta más adelante, SQL Server es el SGBD utilizado. La versión instalada es: ADO-Tool V 1.8.0.a.

I.3.1.3. PDF REPORT WITH ITEXTSHARP

Se van a elaborar documentos en PDF, así que se buscó alguna herramienta que trabajase junto con LabVIEW que los pudiera generar, ya que esta funcionalidad no está incluida en la versión básica de LabVIEW. National Instruments ha desarrollado un Toolkit que permite generar PDFs, pero al ser de pago y no disponer de licencia, se ha buscado alguna alternativa.

PDF Report with ItextSharp es una librería para LabVIEW que no ha sido desarrollado por National Instruments y que se basa en iTextSharp, una librería desarrollada en Java para la generación y manipulación de documentos PDF. iTextSharp es open source y el toolkit para LabVIEW sigue la misma licencia.

Este toolkit se integra perfectamente con LabVIEW permitiendo, además de crear PDFs con título, texto, tablas, etc, obtener el estado de los controles en el panel frontal y trasladarlo al PDF. De ese modo, si generásemos una gráfica en tiempo real, podríamos ir obteniendo instantáneas de la misma e incluirlas en un informe PDF. El nivel de personalización de las opciones para generar los distintos elementos que compondrán el documento PDF es muy alto, con lo que se consigue un control casi total sobre el aspecto del documento final.

La versión instalada es: Exaprom PDF 1.0.

I.3.2. Sistema Gestor de Bases de Datos

Se ha necesitado un SGBD (Sistema Gestor de Bases de Datos) para desarrollar la aplicación, aunque no será necesario para ejecutarla. Básicamente, tendremos un sistema remoto que se conectará al SGBD que contiene los datos, de modo que este SGBD solo se ha utilizado para emular la obtención de los datos cuando no se ha querido establecer una conexión remota. De este modo, además, al no tener que realizar las peticiones de datos vía conexión remota, las pruebas eran más rápidas.

El SGBD utilizado ha sido el mismo presente en el PC que contiene los datos, de modo que se eviten errores por incompatibilidad de versiones al pasar de conectarse localmente a de manera remota.

La versión instalada es: Microsoft® SQL Server® 2008 Express with Tools . Esta versión, como dice la página web de descargas de Microsoft®, es una versión gratuita de SQL Server que cuenta con herramientas de administración gráfica (SQL Server Management Studio).

I.3.3. Sistema de control de versiones

Se ha utilizado un sistema de control de versiones o SVC (del inglés System Version Control) durante toda la realización del proyecto. Mediante un SVC, se lleva un control mucho más preciso del software que se está desarrollando. Cada vez que se publica (commit) se crea una instantánea del estado actual de nuestro proyecto, de modo que sabemos cómo se encuentra cada elemento del proyecto. Además, se crea automáticamente un histórico con todos los “commits”, de modo que, si se produce algún error, podemos ver la diferencia con estados anteriores de nuestro fichero, recuperar ese estado anterior, etc.

I.3.3.1. TORTOISEHG

Se ha utilizado TortoiseHG, que es una extensión de consola de Windows y proporciona una interfaz gráfica. Se basa en el SVC Mercurial y se ha elegido por su sencillez de uso y su integración con un repositorio online (ver apartado I.3.3.2).

La integración con Windows permite que TortoiseHg utilice un sistema de iconos que se aplican a nuestro repositorio. Así, podemos ver en cualquier momento qué elementos se han modificado, cuales ya se han añadido al repositorio, etc.

Se puede utilizar vía consola de Windows o mediante la interfaz gráfica que incorpora. La interfaz gráfica es la herramienta TortoiseHgWorkbench y en ella, al seleccionar nuestro repositorio, nos muestra un listado del histórico del mismo. Desde ahí, podemos ejecutar las acciones que permite desde consola. Entre ellas, y que resulta de interés comentar ahora, publicar (push) en un repositorio online. Así, se tendrá un repositorio local y una copia del mismo online.

I.3.3.2. BITBUCKET

BitBucket es un servicio de alojamiento en la nube que almacena proyectos que se han realizado con distintos SVC, entre ellos, Mercurial y, por tanto, TortoiseHG. Ofrece una cuenta gratuita con un número ilimitado de repositorios privados siempre que el número de miembros en un proyecto no sea superior a cinco.

Por todo esto, se ha elegido para almacenar el repositorio del proyecto online.

I.3.4. PC

PC de propósito general en el que se ha llevado a cabo todas las etapas del proyecto. No solo contiene todo el software requerido para desarrollarla, si no también para ejecutarla.

Especificaciones de interés del equipo:

- Intel Core2 Quad CPO Q0400 @ 2.66GHz
- 3.2GB RAM
- Adaptador de pantalla: Intel Q45/Q43 Express Chipset
- Adaptador de red: Intel 82567LM-3 Gigabit Network Connection
- MS Windows XP Prefessional SP3
- Ancho de banda: ¹
 - Velocidad de bajada 67919 kbps
 - Velocidad subida 64953kbps

Cabe comentar que el ancho de banda tan elevado se debe a la conexión existente en la UPNA.

Interesaría asegurar que los equipos en los que se vaya a ejecutar la aplicación en el futuro posean como mínimo estas características, o superiores. A destacar el adaptador de red, así como el ancho de banda, ya que se harán uso de conexiones remotas, de modo que una buena conexión asegurará un buen funcionamiento. El resto de características se consideran menos críticas.

¹Test de velocidad ADSL. Obtenido de <http://www.testdevelocidad.es/>

Parte II

Informes automatizados

Capítulo II.1

Introducción

II.1.1. Acceso Remoto a Base de Datos

Como ya se ha comentado, el SGBD utilizado es MS SQL Server Express 2008, que está ubicado en la parte del servidor. Se realizarán conexiones desde el equipo local que esté ejecutando la aplicación (cliente) a la máquina que contiene los datos (servidor), de manera que se puedan consultar los datos previamente almacenados. Estos datos están almacenados en el equipo llamado PC-Microrred en la base de datos Microrred.

Hay que tener en cuenta unas nociones de seguridad, ya que, aunque los datos no son críticos ni contienen información privada, una modificación malintencionada podría provocar la pérdida de datos (aunque se tienen copias de seguridad en este caso) o podría hacer creer que la Microrred no funciona correctamente.

El PC-Microrred, está conectado a una red local a la que pertenece el Laboratorio de Energías Renovables. En principio haremos uso de esa red, que se extiende por todo el edificio, para realizar las conexiones, y evitaremos la conexión externa. Para ello, se ha configurado el PC-Microrred en distintos ámbitos.

Además, hay que prestar especial atención al Firewall presente en el equipo, por las razones de seguridad antes comentadas. Por ello, el Firewall se mantiene activado tanto para las conexiones en las redes locales como en la red pública. Se añade una excepción en la red local que permita conexiones desde el puerto que usa SQL Server.

Lo primero, se necesitaba que el PC-Microrred aceptase conexiones remotas. Para ello, en el “Configuration Manager” de SQL Server se ha iniciado el servicio SQL Server Browser, que se encargará de escuchar las peticiones. Se configura para que se inicie automáticamente, a la vez que el resto de servicios de SQL Server, una vez encendido el equipo. En el apartado Protocolos de “Configuration Manager”, hay que habilitar TCP/IP y pipes, ya que serán los protocolos de nuestras futuras conexiones.

Además, en la interfaz gráfica de “SQL Server Management Studio”, se conecta a la base de datos Microrred y en Propiedades/Connections se marca el checkbox para habilitar las conexiones remotas. Tras ello, se crea un nuevo login (en Security/Logins) con las siguientes características.

Login con autenticación de SQL Server. El usuario y contraseña no se dejan escritos por razones de seguridad. Tampoco son necesarios, ya que todas las aplicaciones de LabVIEW que necesitan esos datos los llevan almacenados internamente. Así, se establecen las conexiones pero no se puede acceder a esos datos. Cabe añadir que se han considerado las directrices para crear una contraseña lo suficientemente segura.

BD por defecto: Microrred Server Roles:

Public: rol por defecto, ya que no va a necesitar ningún privilegio de admin

User Mappings:

Microrred: activado Microrred con permisos

Public

Db_datareader: puede leer los datos almacenados en la BD pero no escribirlos

En el PC cliente, el programa de LabVIEW se conectará mediante ADO sin DNS, indicado la información del servidor. ServerName: PC-Microrred Database: Microrred De nuevo, el usuario y la contraseña no se indican. En la Figura II.1.1 podemos ver unas imágenes de a una conexión a la base de datos remota desde un VI de LabVIEW. Son el panel frontal y el diagrama de bloques, respectivamente.



Figura II.1.1: Conexión Remota desde LabVIEW

II.1.2. Gestión de memoria

Realizaremos consultas a la base de datos para recoger cada uno de los valores de nuestras variables. Durante el tiempo de desarrollo del proyecto, se ha comprobado que LabVIEW es capaz de trabajar con una cantidad de memoria limitada, y que ese límite es bastante menor que la memoria disponible en el equipo. Por tanto, resulta prioritario realizar una correcta y optimizada gestión de la memoria. Si, por ejemplo, intentamos pedir todos los datos necesarios para la primera gráfica, LabVIEW se colapsará dando un error de “LabVIEW: Memory is full”, parará todos los VIs que se estén ejecutando y cerrará el programa.

Había varias posibilidades disponibles para solucionarlo:

- Las peticiones a SQL no devuelven todos los datos, si no uno de cada N, así hay N veces menos valores.

- Las peticiones a SQL no devuelven todos los datos, si no el promedio de cada N, así hay N veces menos valores.
- Se piden los datos de N en N, siendo N un número de datos que LabVIEW siempre sea capaz de gestionar.

La primera de las opciones queda descartada porque podemos necesitar muchos datos, además, pedir uno de cada 100, por ejemplo, no resultaría representativo con algunas variables. Es probable que la temperatura exterior no varíe significativamente durante 100 segundos, pero no sucederá lo mismo con valores como las potencias.

La segunda opción también queda descartada ya que, siguiendo con el ejemplo anterior, el valor promedio de la temperatura exterior durante 100 segundos puede reflejar un valor real, pero el valor promedio de una potencia durante 100 segundos no es representativo. La mejor solución es, por tanto, la tercera. Si, por ejemplo, comprobamos que LabVIEW no gestiona más de 50.000 datos y necesitamos 200.000, los pediremos en los rangos [1-50.000], [50.001-100.000], [100.001-150.000] y [150.001-200.000]. De ese modo, iremos tratando los datos a medida que nos lleguen y no tendremos problema de memoria.

Es decir, si eligiéramos pedir de 50.000 en 50.000 datos, en lugar de pedir a la base de datos todos los datos del día 01-02-2013, por ejemplo, pediremos los datos desde las 00:00:00h hasta las 13:53:20h, lo que es lo mismo a sumar a la hora anterior 50.000 segundos. El valor N será el número máximo de datos que devolverá la base de datos, pero hay que tener en cuenta que no es lo mismo pedir 100 datos de 1 sola variable que 100 datos de 50 variables. Por tanto, para calcular ese rango de tiempo no es simplemente N, si no que $N/\text{numVariables}$. Es por eso que si solo estamos pidiendo datos de una variable, pediremos 50.000 de ella, mientras que si estamos pidiendo valores de 5 variables, pediremos 10.000 de cada una, lo que correspondería a un rango de tiempo desde 00:00:00h hasta las 2:46:40h. Si el valor resultante de esa petición no sale entero, lo redondeamos a la baja, ya que siempre será mejor realizar una consulta más que saturar la memoria de LabVIEW.

Es verdad que las gráficas que queremos representar tienen que contener todos los valores. Esto se resuelve gracias a los distintos tipos de gráficas que posee LabVIEW. En concreto, usaremos un Waveform Chart, ya que estas gráficas trabajan dato a dato. Es decir, al dibujar la gráfica tenemos la desventaja de que tenemos que darle los valores uno a uno, aumentando el tiempo de ejecución y empeorando la eficiencia general, pero, en cambio, aunque dibuja todos los valores, solo deja en memoria el último de ellos, por lo que no hay ningún problema al querer tratar una gran cantidad de información.

Se han realizado una serie de pruebas para determinar el valor óptimo de N para este VI. Para ello, se ha establecido el valor N y posteriormente se ha medido el tiempo en segundos requerido para la ejecución y el uso de memoria en megabytes. Para proveer imparcialidad, tras cada ejecución se ha cerrado por completo LabVIEW de modo que liberara toda la memoria utilizada.

N es un control numérico en el que establecemos el número máximo de datos que gestionará LabVIEW.

T es el tiempo en segundo que ha tardado la ejecución del VI dado N. Este tiempo lo calculamos restándole al tiempo al terminar la ejecución el tiempo al iniciarla.

Se puede ver el código en LabVIEW correspondiente en la Figura II.1.2.



Figura II.1.2: Medición del tiempo de ejecución

Memory (MB) es la cantidad de memoria RAM medida en Megabytes que utiliza el VI para su ejecución. LabVIEW ofrece una herramienta para medir este valor desde Tools/ Profile/ Performance and Memory. Nos aparece entonces un diálogo con el que podemos monitorizar los VIs.

En la Tabla II.1.3 se ven las pruebas que aportan datos más concluyentes.

N	86.400	40.000	20.000	8.640
T (segundos)	33,22	35,43	42,56	55,85
Memory (MB)	147,88	140,17	138,96	138,35

Figura II.1.3: Pruebas ejecución Análisis Energético Diario

Es lógico que a menor número N el tiempo sea mayor, ya que hay que realizar un número mayor de consultas a la base de datos para conseguir el mismo número de datos al final. Por otro lado, cuanto menor es N, menor es también la memoria utilizada.

Hay que tener en cuenta que la mayor prioridad es la cantidad de memoria usada, pero, aunque el sistema no sea crítico en cuanto a tiempo de ejecución, tampoco hay que descuidar ese aspecto.

Es por ello que se escoge el valor de N=40.000 como predeterminado, ya que la diferencia de memoria con N=8.640 es pequeña pero el tiempo de ejecución es bastante mayor. Además, se ha comprobado que LabVIEW no responde muy bien a peticiones de 86.400 datos, y peor aún a peticiones mayores.

Capítulo II.2

Análisis energético diario de la microrred

II.2.1. Análisis de los datos

a. Descripción

El análisis energético diario de la microrred(AnalisisEnergetico.vi) sirve para conocer si la Microrred en conjunto funciona correctamente. Por ejemplo, se comprueba si la generación y el consumo eléctrico son los correctos, el porcentaje de abastecimiento eléctrico se encuentra entre los niveles esperados, etc. Así, no solo conocemos si la Microrred se comporta como debiera, si no que, al cambiar la estrategia que se esté ejecutando, si la Microrred responde como esperamos, ya que podemos obtener un análisis más detallado de los resultados que el que nos ofrecen, por ejemplo, los datos en tiempo real.

En principio, el funcionamiento normal será generar diaria y automáticamente el informe del día anterior. No obstante, se puede ejecutar para obtener la misma información pero de un día concreto.

Los datos mostrados en el análisis energético diario se muestran en un documento PDF subdividido en cuatro apartados: subsistema eléctrico, subsistema térmico, balance global y criterios de calidad.

1) Subsistema eléctrico:

El subsistema eléctrico está compuesto por las Cargas Críticas, las Cargas No Críticas, las placas fotovoltaicas, el aerogenerador, la red, las baterías, la caldera y el inversor híbrido. Mostrará algunos de los datos de los elementos que lo componen correspondientes a un día entero.

Lo primero que se refleja es una gráfica con todos los valores de un día. Recordemos que los valores se recogen cada segundo, por lo tanto, habrá 86400 puntos en la gráfica por cada uno de nuestros valores. Éstos serán los siguientes: potencia consumida, potencia generada, potencia eólica y potencia fotovoltaica.

El rango en el que se representarán será $[0,8]$ kW, ya que se considera que, en un comportamiento normal, no variarán de los valores comprendidos en ese rango.

La segunda de las gráficas también contiene los valores de todo un día, pero de las siguientes variables: potencia neta, potencia de la red y SOC.

En este caso, tanto la Potencia Neta como la Potencia de la Red se graficarán en el intervalo $[-8,8]$ kW, mientras que el SOC, al ser un porcentaje, lo hará en el intervalo $[50,100]$

Por último, se muestran una serie de valores relacionados con ambas gráficas y que nos permiten interpretarlas mejor.

2) Subsistema térmico

El subsistema térmico está compuesto por la caldera, los colectores y el depósito. Primero, se muestran los valores de los tres datos a lo largo de todo el día en una gráfica.

Los rangos en los que se representan los datos serán $[0,5]$ kW tanto para la potencia de los colectores como de la caldera y $[30,80]^{\circ}\text{C}$ para la temperatura del depósito.

Un ejemplo de la gráfica se puede ver en la Figura II.2.1.

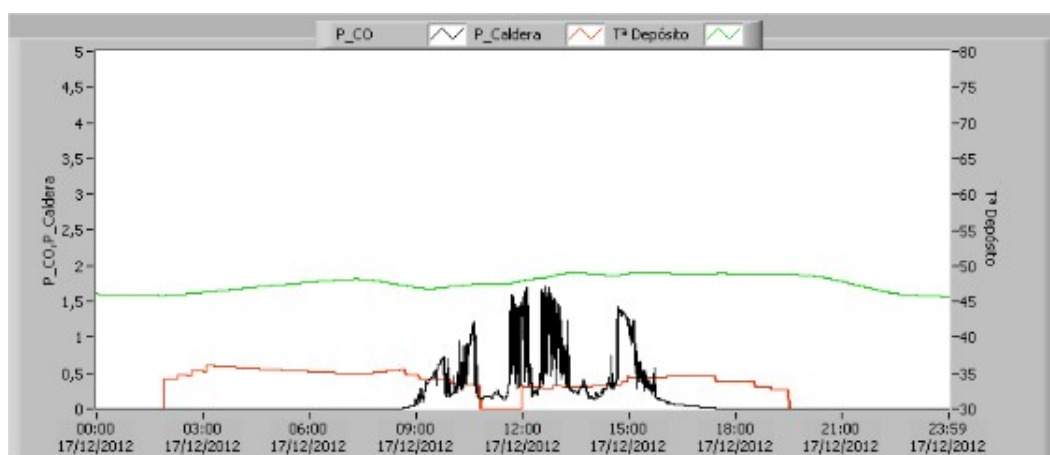


Figura II.2.1: Gráfica Subsistema termico

Después de la gráfica, podemos ver una serie de valores que nos ayudan a interpretarla.

3) Balance global

El balance global aúna el subsistema eléctrico y el subsistema térmico, recogiendo datos de ambos. Además, se calculan algunos valores nuevos a partir de ellos: total energía consumida, energía de red y porcentaje de autoabastecimiento.

4) Criterios de calidad

Por último, mostramos una serie de criterios de calidad calculados tanto para la potencia neta como para la potencia de red. Los valores calculados corresponderán a Amplitud de Red (AR), máximo pico de consumo de red (P+), máximo pico de inyección a red (P-), derivada de potencia máxima (DPX) y derivada de potencia media (DPM). Estos valores se utilizan para evaluar y comparar distintas estrategias.

b. Panel frontal



Icono:

Representa el volcado de datos desde una base de datos a un array de datos y a gráficas.

En el panel frontal podemos ver todos los datos obtenidos, así como las gráficas. Sin embargo, no tiene cabida mostrarlo ya que este VI se usará como subVI, de modo que se calculen los datos y el VI superior los utilice para crear el documento PDF con ellos, como se verá más adelante.

c. Diagrama de bloques

Argumentos de entrada:

- Timestamp con el día del que se quieren rescatar datos.

Argumentos de salida:

- Ruta de la imagen de la gráfica 1 del subsistema eléctrico.
- Ruta de la imagen de la gráfica 2 del subsistema eléctrico.
- Ruta de la imagen de la gráfica del subsistema térmico.
- Array bidimensional de string con los datos del subsistema eléctrico.
- Array bidimensional de string con los datos del subsistema térmico.
- Array bidimensional de string con los datos del balance global.
- Array bidimensional de string con los datos de los criterios de calidad.

Para obtener los datos, se han realizado distintas consultas a la Base de Datos. Para los datos de las gráficas, se ha generado una única consulta que recoge todas las variables que se mostrarán en las distintas gráficas. Se ha seguido el esquema explicado en la sección de gestión de memoria (Apartado II.1.2), de modo que tenemos algo así:

```
SELECT Fecha, Hora, variables_requeridas
FROM dispositivos (JOIN)
WHERE fechas_adequadas
ORDER BY Fecha, Hora
```

En `variables_requeridas`, hemos calculado directamente los valores que necesitábamos en lugar de pedir los datos y luego tratarlos, a modo de ejemplo la potencia consumida es: `(Cargas_Criticas.Pt + Cargas_No_Criticas.Pt) 'P_CON '`

En `dispositivos` tenemos todas las relaciones necesarias para solicitar esas variables.

En fechas_adequadas al principio no tenemos nada, ya que en lugar de una única consulta pidiendo todos los datos del día, tendremos varias consultas de un número limitado de datos cada una. Es por eso que la consulta se ejecuta en un bucle en el que se va cambiando la cláusula WHERE. En la Figura II.2.2 se puede ver la parte del código del diagrama de bloques del VI AnálisisEnergéticoDiario que solicita los datos de las gráficas.

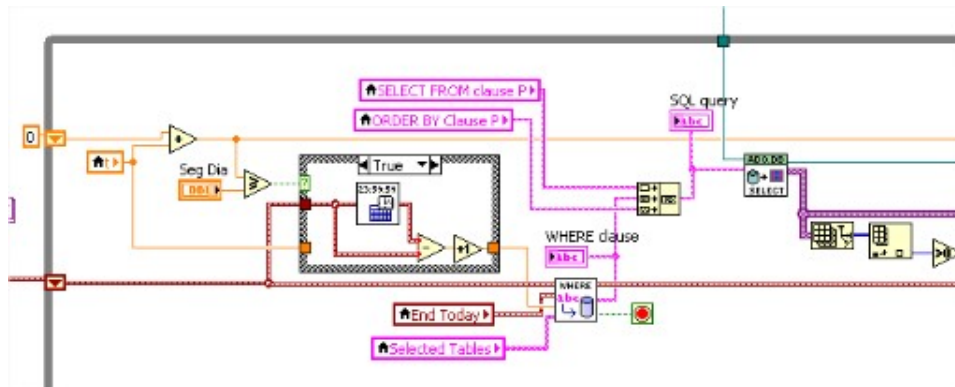


Figura II.2.2: Recogida datos Análisis Energético Diario

t es el número de datos que tenemos que recoger por iteración, calculado antes como $\text{abs}(N/\text{numVar})$, siendo N el número máximo de datos gestionados por iteración (40.000) y numVar el número de variables de las que se van a recoger datos, en este caso 10, que son el número de variables que se mostrarán entre las 3 gráficas. Así, en este caso t vale 4.000.

Vamos a tener un contador al que le vamos sumando t . Mientras no sobrepase el número de segundos en un día ($\text{Seg Dia} = 86.400$) seguiremos iterando y el WHERE de la consulta SQL se compondrá con la hora de inicio a la que le sumamos t . La hora de inicio siempre es un día a las 00:00:00h y la hora de fin el mismo día a las 23:59:59h. En la primera iteración recogeremos los datos desde las 00:00:00h hasta la 1:06:39h, en la segunda desde la 1:06:40h hasta las 2:13:19h y así sucesivamente hasta que se cumpla que hemos superado los 86.400 segundos. En ese caso, se toma como t la diferencia entre el final del día y la última hora de la que se han recogido datos.

Los datos de cada iteración se convierten de Variant (el tipo de dato en el que LabVIEW recoge los datos que provienen de la base de datos) a timestamp (fecha y hora) y dobles (datos) mediante el subVI DatabaseToArray.vi, perteneciente a la librería DBToolsLLB. Después, ese array bidimensional de datos se divide en tres partes según qué datos necesita cada gráfica.

En la Figura II.2.3 se ve el bucle necesario para conformar cada una de las gráficas.

El Waveform Chart solo permite los valores uno a uno, así que se trata cada fila del array por separado, siendo una fila los distintos valores de las variables para un momento concreto. Luego, el bucle interno coge cada elemento de ese subarray y crea la estructura necesaria para la gráfica, que contiene el dato y la fecha/hora. Así, en cada iteración graficamos los datos de todas las variables en un segundo concreto.

Además, como configuración del Waveform Chart, se ha añadido un Property Node para cada una de las gráficas, que se puede ver en la Figura II.2.4. Esta configuración por un lado establece el color de fondo (BG Color) a blanco, pero también indica cómo se debe dibujar cada variable. Así, en la gráfica Chart elec 2, que pertenece a la segunda gráfica del

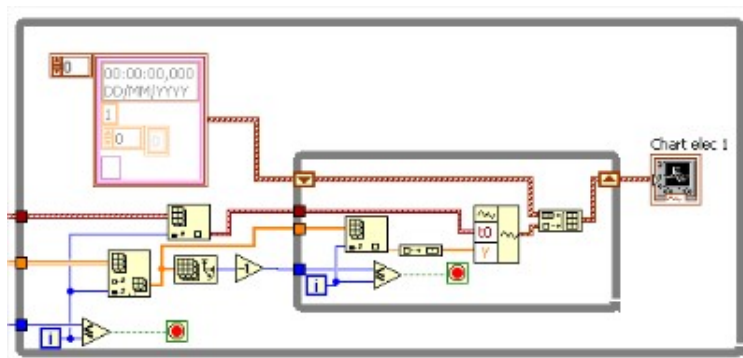


Figura II.2.3: Bucle recogida datos Análisis Energético Diario

subsistema eléctrico, se indica que tanto los primeros datos como los segundos se grafican en la escala 1 del eje Y y el tercer dato en la escala 2 del eje Y. El número de dato es ActPlot, siendo 0 para el primero. Plot.YScaleIdx es la escala del eje Y, siendo 0 la primera que hemos declarado. Para añadir escalas a una gráfica, se hace clic sobre la escala Y y se selecciona Duplicate Escala. También, una vez clicada una escala, podemos llevarla al otro lado de la gráfica con Swap Sides. Por último, clic derecho y *Properties/Scales*, podemos indicar el rango de cada una de ellas.

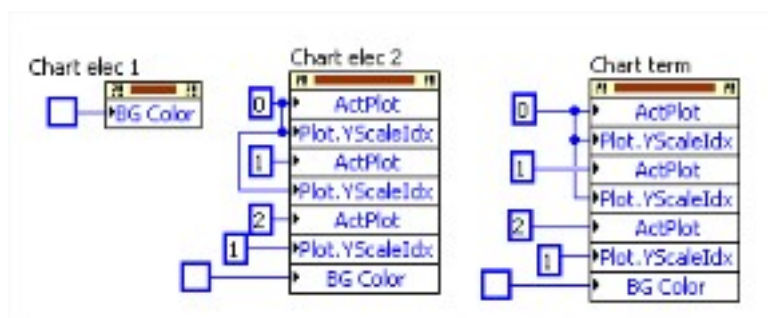


Figura II.2.4: Configuración de las gráficas

Una vez se han terminado de dibujar las tres gráficas, se obtiene una imagen de ellas y se almacena en un fichero temporal, como se puede ver en la Figura II.2.5

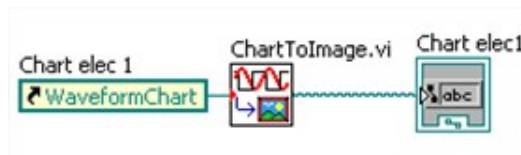


Figura II.2.5: Guardar imagen de gráfica

Los datos que se muestran en los subsistemas eléctrico y térmico, así como en el balance global, se obtienen por petición directa de los mismos a la base de datos. Para ejemplificar, los siguientes elementos:

Energía de red: $(\text{SUM}(\text{RED.Pt})/3600)$ 'E_RED'

$$\frac{gen}{con} * 100 = \frac{EO + FV}{CC + CNC} * 100$$

```

(100*((( SUM((Aerogenerador.Pt + Fotovoltaica.Pt)) )/3600) )/
((( SUM((Cargas_Criticas.Pt + Cargas_No_Criticas.Pt)) )/3600))))
'%Abastecimiento_Electrico'

```

Los datos que requieren algo más de tratamiento son los de DPX y DPM. Para éstos, si que necesitamos todos los datos del día, aunque como son solo 1 variable de cada uno y no se representan en gráficas, no supone un problema de eficiencia en la ejecución del VI. El cálculo de DPX de Pred se puede ver en la Figura II.2.6

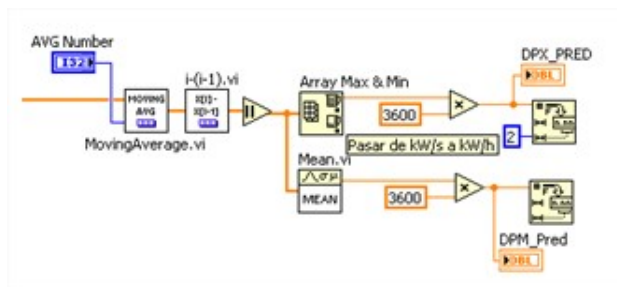


Figura II.2.6: Cálculo de DPX de Pred

Los datos que llegan son las potencias de red de todo el día convertidas a dobles. Usamos el subVI *MovingAverage.vi* para calcular la media móvil con el AVG Number, que por defecto es 10. A continuación, hacemos la resta de $i-(i-1)$ de cada uno de los valores y le aplicamos el valor absoluto. El máximo de eso será nuestro valor DPX y el promedio DPM, una vez lo hayamos convertido a kW/h.

Por último, las tablas con los valores que devolvemos las creamos mediante arrays que contienen los títulos y los valores convertidos a string.

II.2.2. Construcción del informe en PDF

a. Descripción

No nos basta solo con obtener los datos, si no que éstos se deben presentar en un documento PDF que tenga una lectura sencilla y que se pueda imprimir con facilidad. El formato del PDF debe ser amigable y también ordenado, de manera que los datos estén presentados de manera clara y lógica. Así, se facilitará el análisis de los resultados.

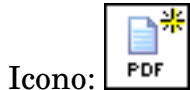
El documento PDF resultante constará de los siguientes apartados:

- Subsistema eléctrico
- Subsistema térmico
- Balance global
- Criterios de calidad

En cada uno de los apartados, según corresponda, se dibujará una gráfica con los valores recogidos y también se presentarán una serie de valores calculados. La explicación de los valores representados se puede encontrar en Análisis Energético Diario (Apartado II.2.1).

El tiempo total de ejecución del VI es de una media de 35 segundos, lo que resulta lógico ya que el peso de la ejecución recae sobre el subVI, que como se ha estudiado tenía un tiempo de ejecución que rondaba los 35 segundos. El resto de operaciones propias del VI son casi instantáneas.

b. Panel Frontal



Representa la generación de nuevos documentos PDF.

Aunque dispone de interfaz de usuario, este VI (PDFAnálisisEnergeticoDiario.vi) no está destinado a una gran interacción por parte del usuario, sobre todo se trata de supervisión e información sobre la ejecución.

Los documentos se crean en una carpeta llamada PDF que se ubica en el mismo lugar donde estemos ejecutando el VI.

Tiene dos modos de funcionamiento: automático y manual, y se puede cambiar de uno a otro mediante un Toggle Switch. De cualquiera de las dos maneras nos generará documentos PDF con el análisis energético de un día. El modo automático generará del día anterior al actual y se ejecutará en un bucle infinito, produciendo un documento cada día, ya que espera los segundos de un día (86.400) entre ejecuciones. El modo manual produce un único documento, correspondiente a la fecha que le indiquemos. Al iniciarse el VI por defecto se establece el modo automático.

En el modo automático no podemos interactuar con el programa, ya que se quedará de manera indefinida generando reportes automáticos. Es por eso que se deshabilitan los botones. No se eliminan o vuelven invisibles para no desorientar al usuario. Lo mismo pasa en el modo manual, pero solo mientras se estén generando los PDFs.

Tiene un área de texto que actúa como log y va registrando todos los documentos que se van creando. El mensaje que devuelve es del tipo:

[fecha hora creación] Creado path y documento

Así, podemos ver el momento de creación de cada documento y también el path en el que se encuentran.

Además, hay un led con la etiqueta *Generando*, que se ilumina mientras se esté generando un documento PDF.

Por otro lado, si se produce algún tipo de error, también queda reflejado en los indicadores de error, uno que será para los errores al recoger datos y otro para los errores al generar el PDF.

Se describen a continuación los pasos de ambos modos.

■ Modo automático (por defecto) :

Al abrir e iniciar el VI, éste se inicia por defecto en Modo Automático, como se puede ver en la Figura II.2.7. De esta manera, una vez pulsemos en el boton ‘GO’, se generaran ininterrumpidamente los informes diarios.

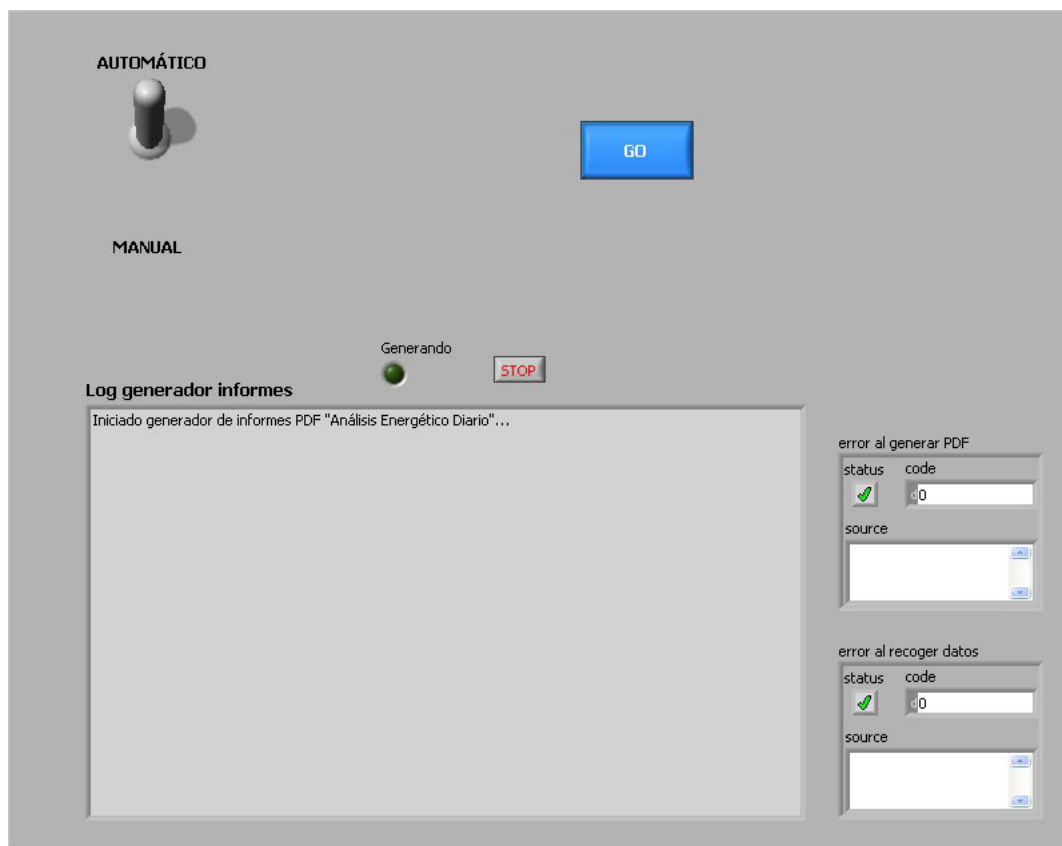


Figura II.2.7: Modo automático

Mientras esta generando el informe, se enciende un led verde con el titulo *Generando*, como muestra la Figura II.2.8 para indicar que se están realizando las operaciones necesarias que crean el informe. Además, se deshabilitan los botones de selección de modo y el boton *GO*, volviéndose grises.

Cuando se termina de crear el informe, se apaga el led *Generando* y se escribe la información sobre la ubicación del nuevo informe PDF. Ver Figura II.2.9.

■ Modo Manual

Al abrir y ejecutar el VI, el pulsador nos permite establecer el modo Manual de generación de informes. Tras seleccionar manual, aparece un cuadro titulado *Fecha*, en el que, al pulsar, aparece una ventana emergente con un calendario, como se puede ver en la Figura II.2.10. El informe se creará para esa fecha en concreto, sin importar la hora seleccionada.

Una vez se ha creado el informe manual, se habilitan de nuevo los botones para cambiar de modo, la fecha y el botón *GO* para que se pueda crear otro informe. Asimismo, aparece en el recuadro la información de la ubicación del nuevo fichero. Se pueden ver los cambios en la Figura II.2.11.

c. Diagrama de Bloques

El código de PDFAnálisisEnergetico.vi se divide claramente en las siguientes partes:

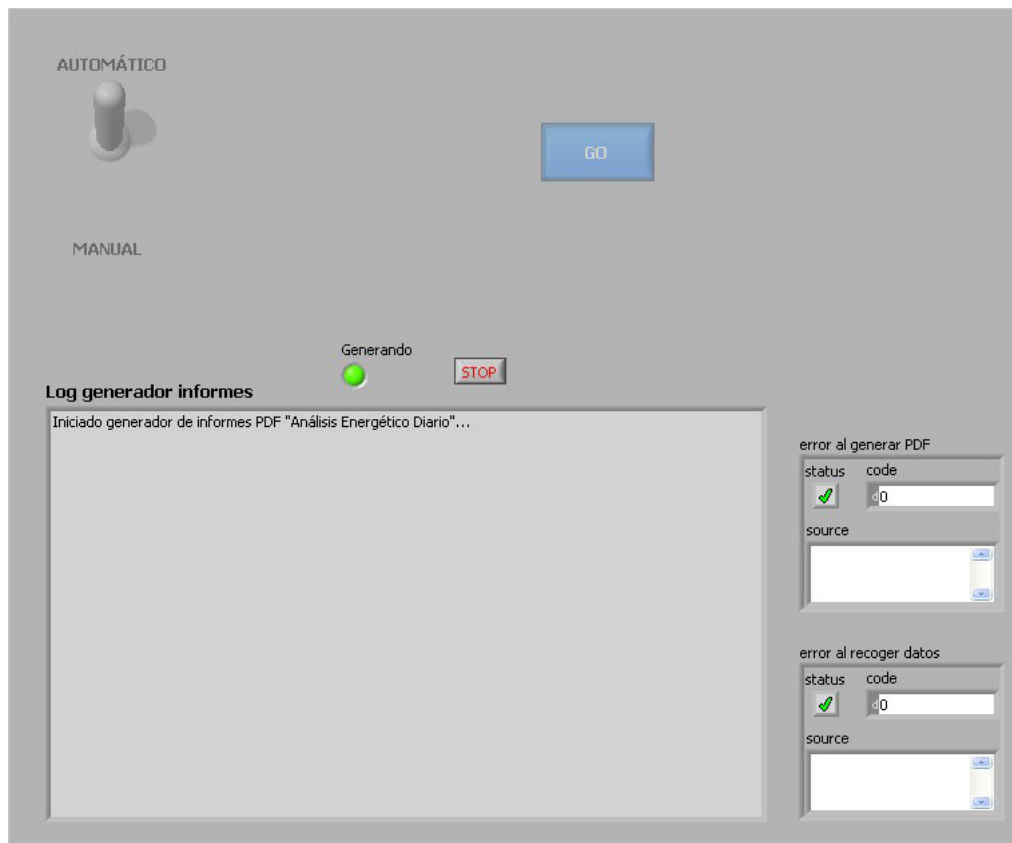


Figura II.2.8: Modo automático generando

- Inicialización
- Recogida de datos
- Generar PDF
 - Crear informe
 - Encabezado y pie de página
 - Escritura de datos
 - Subsistema eléctrico
 - Subsistema térmico
 - Balance global
 - Criterios de calidad
 - Cerrar informe
- Eliminar ficheros temporales y log

A continuación se detallan los aspectos más relevantes de cada una de las partes.

- Inicialización

Se inicializan las variables de modo que por defecto se establezca en modo automático, el led de *Generando* esté desactivado, así como los mensajes por defecto con sus tipos de letra. Ver Figura II.2.12

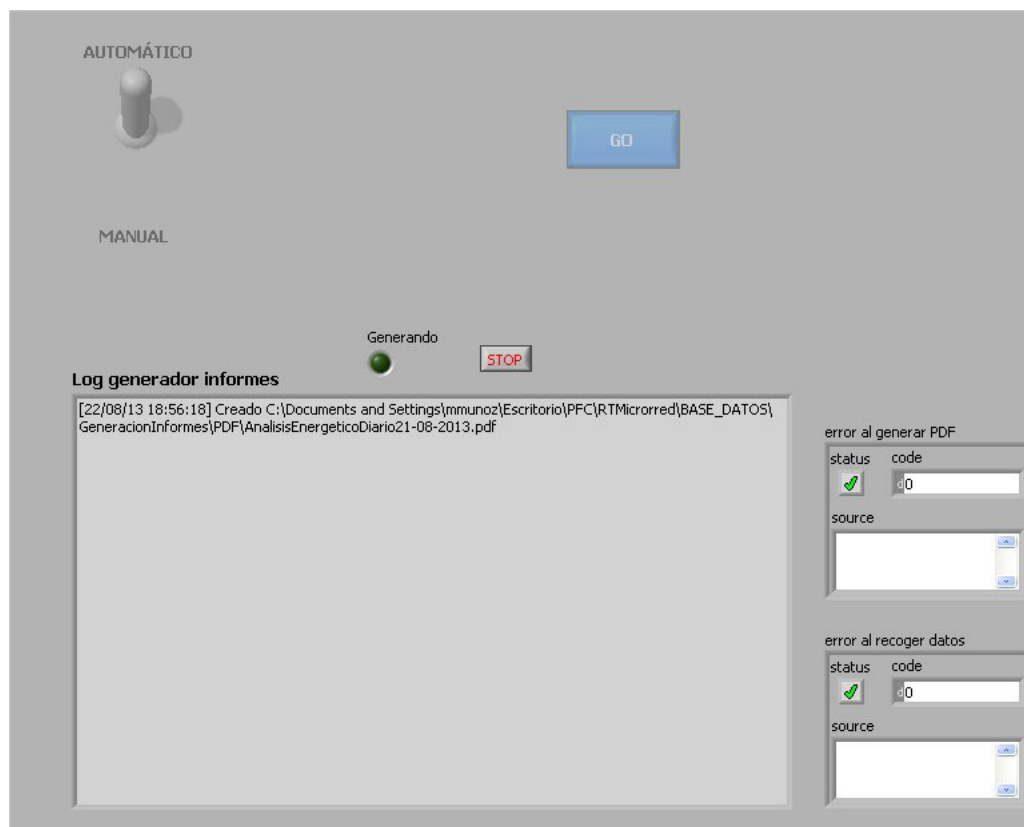


Figura II.2.9: Modo automático ya generado

- Recogida de datos Para recoger los datos, se llama al subVI AnalisisEnergetidoDiario.vi y como variable de entrada la fecha. Ver Figura II.2.13

La fecha será el día anterior si se está ejecutando en modo automático y el día actual si está en modo manual. Esto es porque el subVI genera los datos con la información de ese día, y si le pasáramos el día actual, no tendría todos los datos necesarios.

Las gráficas se han guardado como imágenes en los ficheros temporales y estamos obteniendo ahora el path de las mismas. Sin embargo, para que las imágenes se generen y almacenen correctamente, LabVIEW requiere que el subVI esté abierto (Front Panel abierto) durante la ejecución. Para eso, establecemos la siguiente configuración en el subVI:

File / VI Properties / Category: Window Appearance. Se selecciona Customize... y se activan los siguientes checkbox:

- Show front panel when called
- Close afterwards if originally closed

Con esta configuración, cuando se necesiten datos se abrirá el subVI y cuando haya terminado de generarlos se cerrará. Todo el proceso tarda menos de medio minuto, por lo que, aunque los informes se generen a horas en las que un usuario esté usando ese equipo, no supondrá mucha interferencia en su trabajo. También recogemos la salida de error del subVI, ya que si ha sucedido algo inesperado no generaremos ningún documento, indicándolo así al usuario. Además, en esta parte del código indicaremos mediante un booleano si cuando terminemos el informe hay que parar, lo que sucederá si está en modo manual, con la variable Stop.

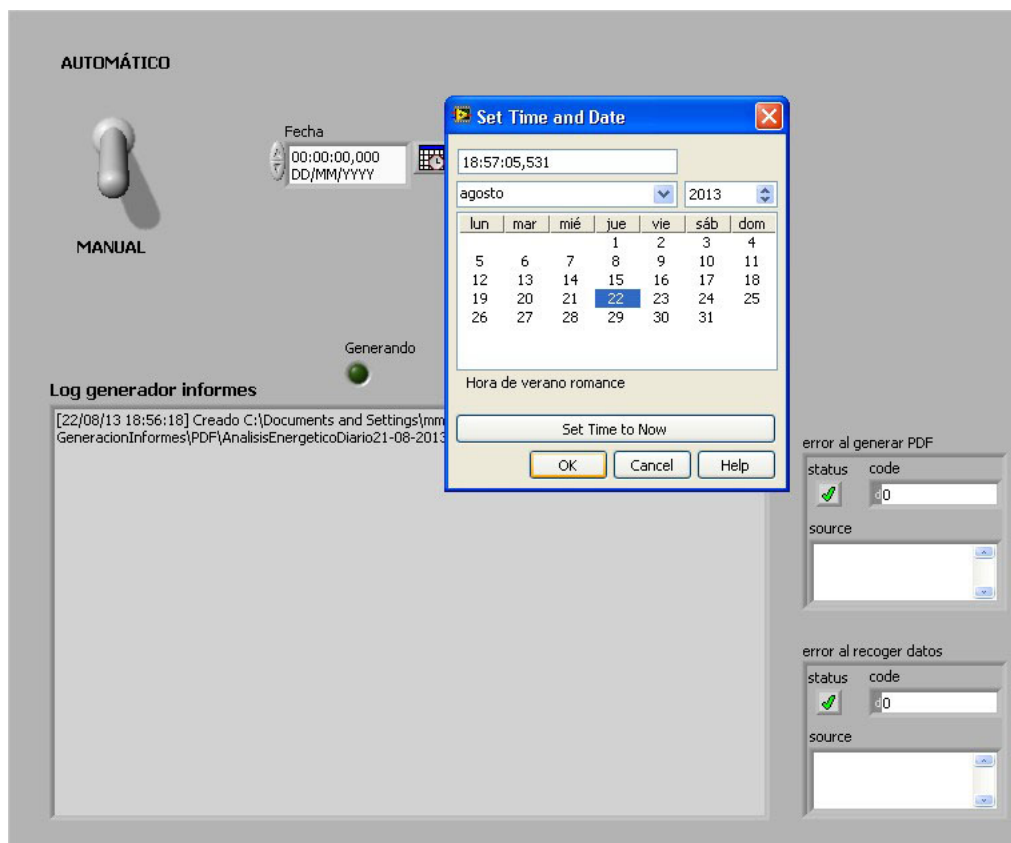


Figura II.2.10: Selección de fecha en modo manual

■ Generar PDF

Todos los pasos para generar el documento PDF se han encapsulado en Flat Sequence Structure, ya que según la documentación de la librería PDF Report, así es lo más adecuado para que no se generen errores. Esta estructura asegura que se ejecutará el código en un determinado orden, ya que hasta que no termina una secuencia no continúa con la siguiente.

- Crear informe

El código de crear informe se puede ver en la Figura II.2.14

Se crea el path en el que se guardará el documento a partir del path del VI actual. Comprobamos si existe la carpeta PDF para crearla en caso contrario. Establecemos el título de nuestro informe PDF, que será *AnalisisEnergeticoDiarioDD-MM-AAAA*. Usamos New PDF con ese path, como Page Setup que será formato A4 en vertical y que siempre sobrescriba el fichero.

- Encabezado y pie de página

Lo primero que creamos es el encabezado, que corresponderá con el título del documento, ya que será Análisis Energético Diario y la fecha actual. En la parte derecha aparecerá el logo de la UPNA. Este encabezado únicamente aparecerá a partir de la página 2, cuando no hay título.

Por último, daremos formato al pie de página, de la manera que muestra la Figura II.2.15

El resultado del encabezado se puede ver en la Figura II.2.16 y el del pie de página en la Figura II.2.17.

- Escritura de datos

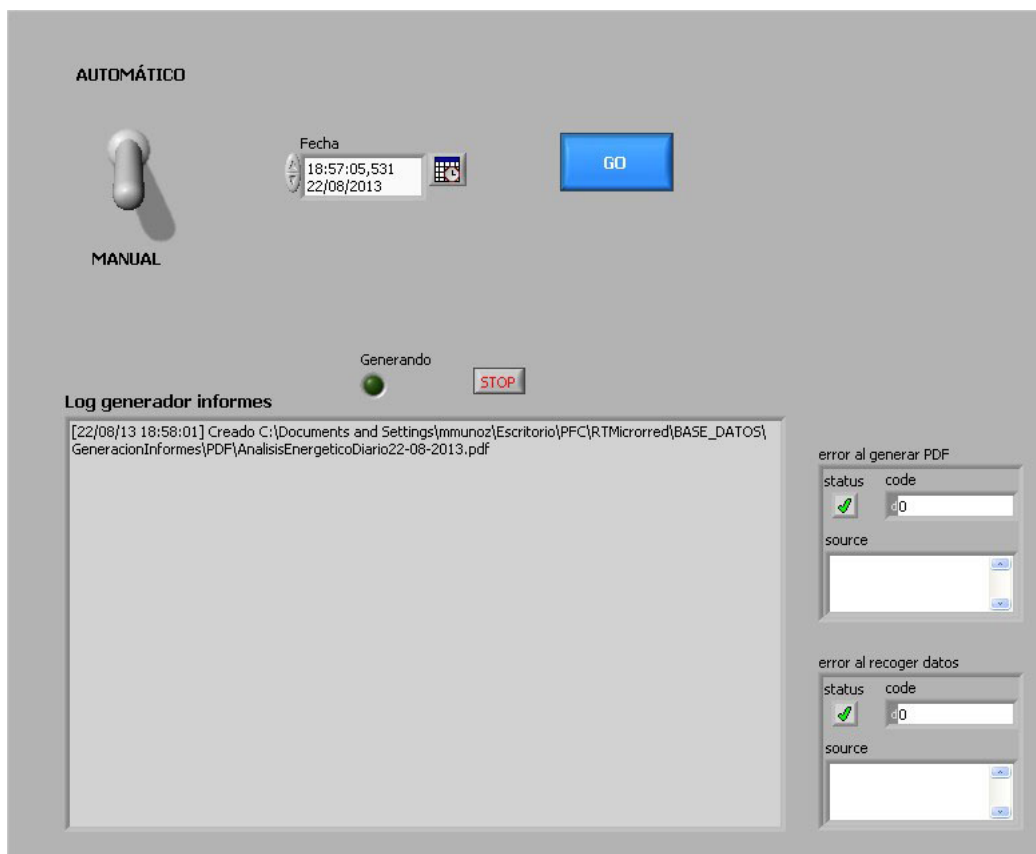


Figura II.2.11: Informe generado en modo manual

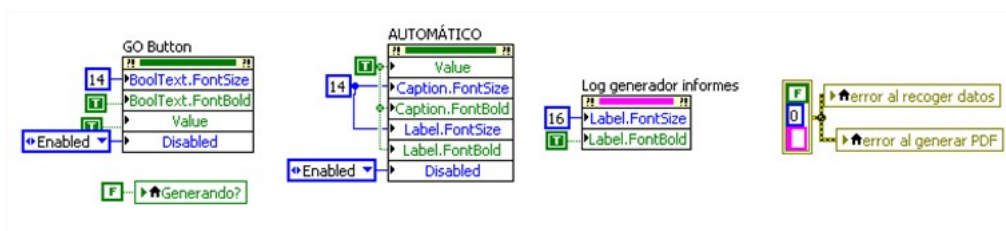


Figura II.2.12: Inicialización de variables

- Subsistema eléctrico
El código del subsistema eléctrico se muestra en la Figura II.2.18
En él, escribimos el título de la sección y añadimos las imágenes de las gráficas, separadas por saltos de línea. Por último, añadimos la tabla que se ha generado en el subVI, estableciendo la anchura de cada una de las columnas (columnWidth), ya que si no las hará equitativas y no quedará bien visualmente. Añadir la gráfica consta de dos partes, primero la creamos y luego la añadimos, especificando su tipo de borde, que en este caso será ninguno.
- Subsistema térmico Se realiza un salto de línea, añadimos el título, la imagen de la gráfica y tras un salto de línea la tabla con los datos.
- Balance global
En el balance global únicamente establecemos el título y añadimos la tabla obtenida con los datos.
- Criterios de calidad
Únicamente se añade el título y la tabla.

- Cerrar informe

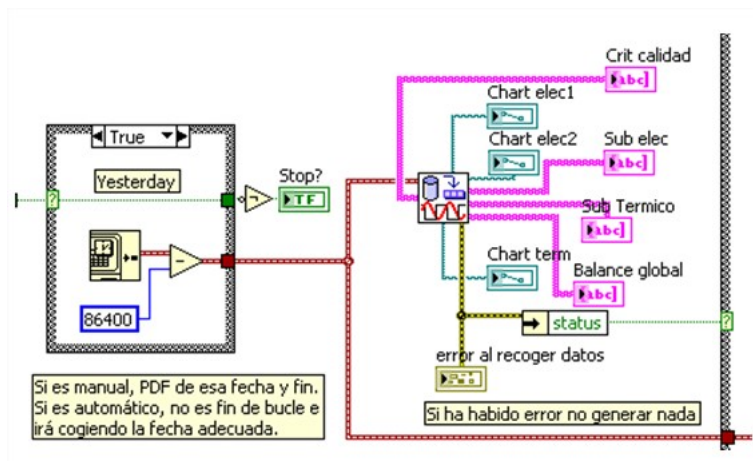


Figura II.2.13: Recogida de datos

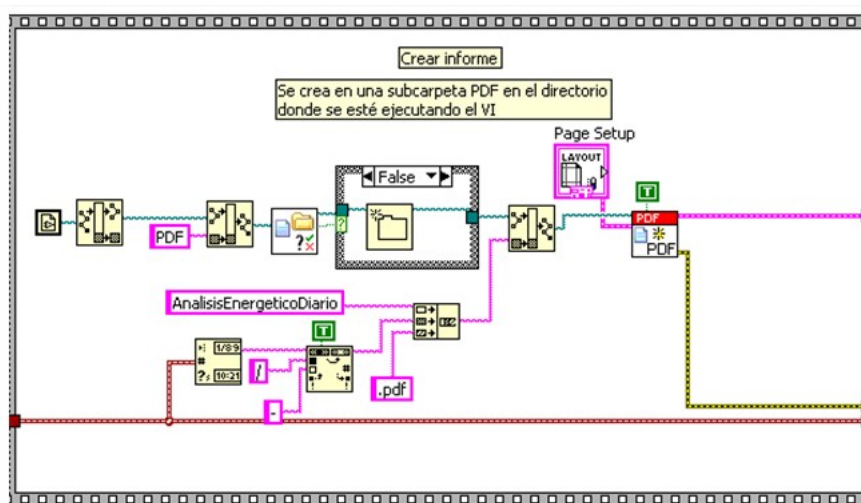


Figura II.2.14: Código de creación del informe

Se cierra el informe PDF. Este es el momento en el que se guarda y se añaden tanto los encabezados como los pies de página.

■ Eliminar ficheros temporales y log

Se eliminan las imágenes correspondientes a las gráficas, que se han creado en el directorio de archivos temporales. También queda reflejada la creación del informe PDF en el log del panel frontal, como se puede ver en la Figura II.2.19

d. Informe PDF resultante

A continuación, se adjunta una muestra del PDF resultante.

Las cuatro páginas del informe resultante se pueden ver en las Figuras II.2.20, II.2.21, II.2.22 y II.2.23.



Figura II.2.15: Control pie de página PDF Análisis Energético

Análisis Energético Diario
30/05/2013



Figura II.2.16: Encabezado PDF Análisis Energético

Página 1 de 2

Figura II.2.17: Pie de página PDF Análisis Energético

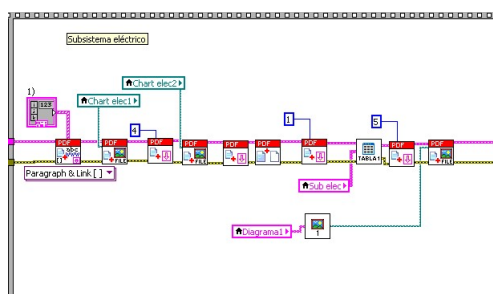


Figura II.2.18: Código subsistema eléctrico

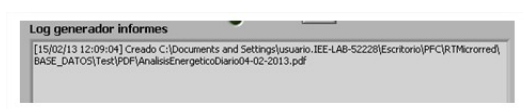


Figura II.2.19: Log de creación

Microrred Electrotérmica Análisis Energético Diario 09/05/2013



1) Subsistema eléctrico

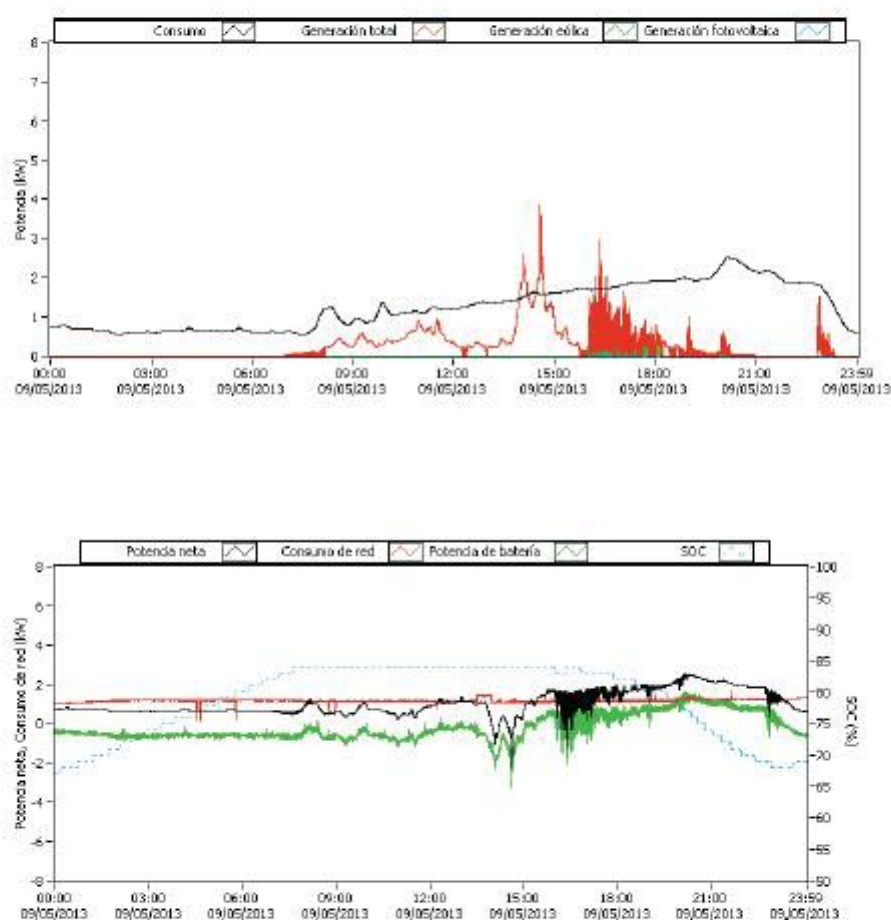
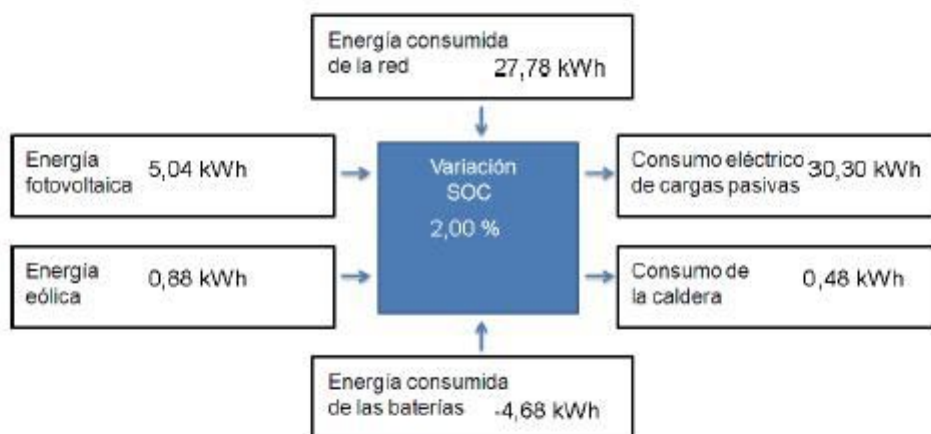


Figura II.2.20: Análisis Energético Diario Página 1

Análisis Energético Diario
09/05/2013


Energía fotovoltaica generada	5,04	kWh
Energía eólica generada	0,88	kWh
Total Energía eléctrica generada	5,92	kWh
Energía eléctrica consumida por cargas pasivas	30,30	kWh
Energía consumida por la caldera (carga activa)	0,48	kWh
Total Energía eléctrica consumida	30,78	kWh
Balance neto antes de gestión (sin caldera)	24,37	kWh
Energía aportada por la red	27,78	kWh
Balance neto de energía eléctrica	2,93	kWh
Variación del SOC	2,00	%


Figura II.2.21: Análisis Energético Diario Página 2

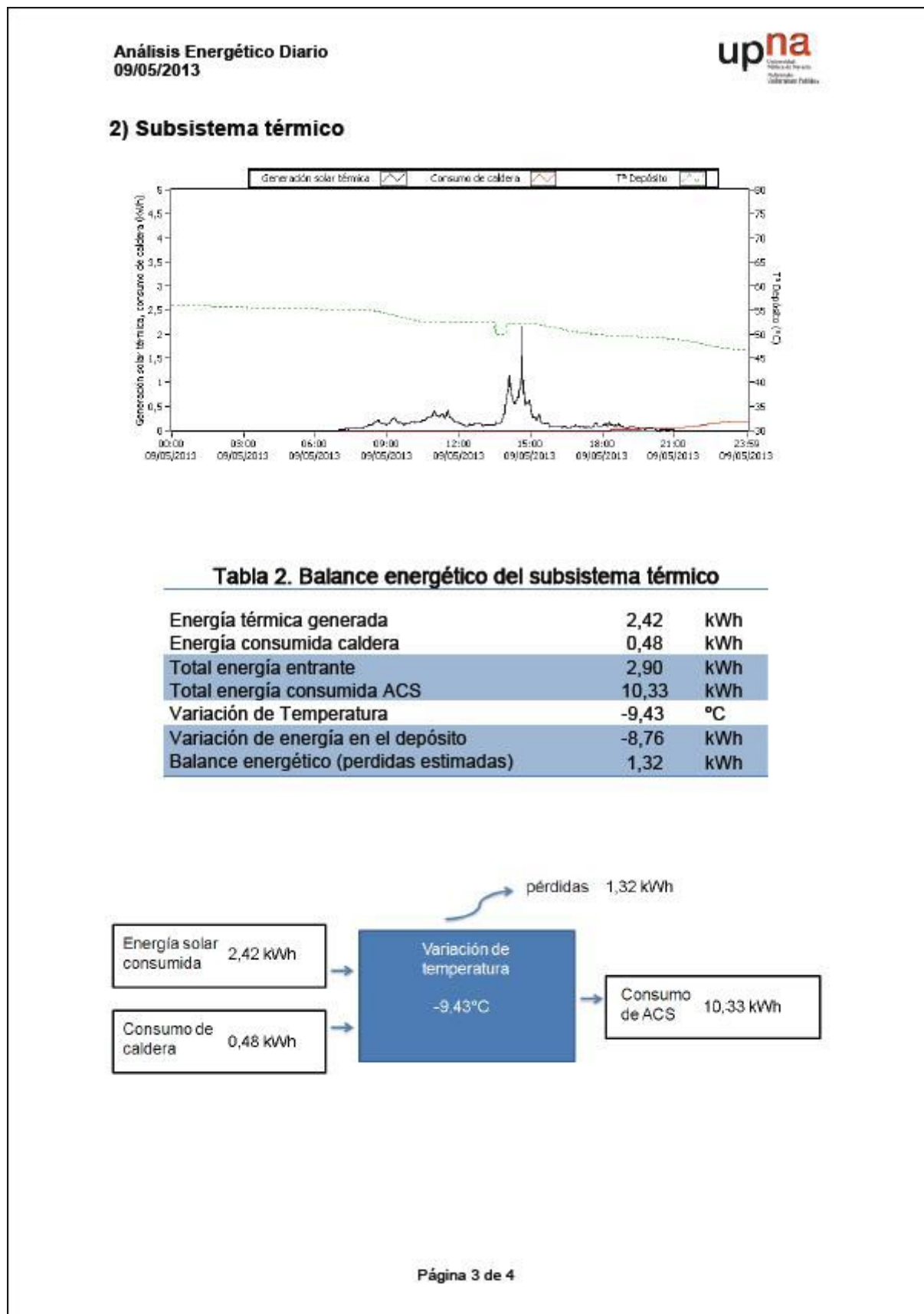


Figura II.2.22: Análisis Energético Diario Página 3

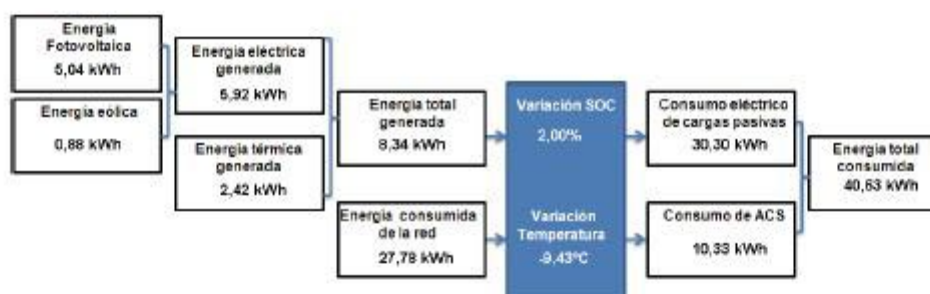
Análisis Energético Diario
09/05/2013



3) Balance global

Tabla 3. Balance energético del sistema global

Energía eléctrica generada	5,92	kWh
Energía térmica generada	2,42	kWh
Total energía generada	8,34	kWh
Energía consumida eléctrica final (sin caldera)	30,30	kWh
Energía consumida ACS	10,33	kWh
Total energía consumida	40,63	kWh
Energía de red	27,78	kWh
Porcentaje de autoabastecimiento	31,63	%
Variación SOC	2,00	%
Variación de Temperatura	-9,43	°C



4) Criterios de calidad

	Pneta	Pred	Variación
AR	4,78 kW	1,52 kW	-68,18 %
P+	2,50 kW	1,70 kW	-32,05 %
P-	-2,28 kW	0,18 kW	-107,86 %
DPX	3894,19 W/h	1145,93 W/h	-70,57 %
DPM	553,30 W/h	55,04 W/h	-90,05 %

Figura II.2.23: Análisis Energético Diario Página 4

Capítulo II.3

Evolución de la potencia pico del campo fotovoltaico

II.3.1. Análisis de los datos

a. Descripción

Se sabe que las placas fotovoltaicas sufren una degradación con el paso del tiempo y, por tanto, pierden eficiencia. Este análisis pretende establecer con precisión cuál es la degradación de las placas fotovoltaicas para poder estimar su producción futura. Para ello, se contrastarán los datos de la irradiancia y la P25 (ver Página 37) de las placas en el paso del tiempo en una gráfica que contendrá una regresión lineal.

Se establece un periodo de tiempo en el cual calcular los datos. Conforme mayor sea el período en el que se calcula, mejor se podrá apreciar la degradación sufrida. Los datos siempre se calculan en meses completos. Como excepción, si se selecciona la fecha actual y es el último día del mes, también lo incluirá en el cálculo. Así, se recogerán los datos desde el primer día del mes correspondiente a la primera fecha, hasta el último día del segundo mes elegido.

Primeramente, se harán las medias diezminutales. Hay que tener en cuenta que si, por cualquier razón, faltaran más de 20 datos en un bloque de 10 minutos (600 datos en total), se descartará ese bloque de datos, debido a que no tenemos suficiente información para asegurar que son datos relevantes.

Es decir, realizaremos las medias de los datos requeridos de manera que, suponiendo que empezamos en el 01/01/2013, el primer bloque de datos será 01/01/2013 00:00:00 – 01/01/2013 00:09:59, el segundo bloque de datos será 01/01/2013 00:10:00-01/01/2013 00:19:59. Los datos del mes pasan por tres filtros de modo que al final sólo permanezcan los datos realmente significativos. Esta operación se repite para todos los meses que ocupen las fechas seleccionadas.

a) Filtro G Límites

Se define la irradiancia (G) como la potencia incidente por unidad de superficie en el plano de las placas solares, en nuestro caso. Así, durante la noche G valdrá 0, ya que no habrá luz del sol, y alcanzará su máximo en torno al mediodía.

Para que nuestros datos resulten relevantes, únicamente se considerarán aquellos cuya irradiancia sea significativa, siempre mayor a un valor dado. Por ello, se utilizan irradiancias entre 700 y 900 W/m^2 aproximadamente.

Esto es debido a que es en este rango, donde la eficiencia del panel es aproximadamente constante y se puede considerar la ecuación $P = P_p * \frac{E}{1000} * f(T)$. Para irradiancias mayores e inferiores la eficiencia disminuye y ya no se da la relación lineal entre irradiancia y potencia generada. Además, a pesar de ser un intervalo de irradiancias pequeño, gran parte de la energía producida es generada para esos valores de irradiancia, razón por lo cual se considera significativo.

Habrán dos modos para establecer el valor de la irradiancia entre los cuales filtramos:

I. Mediante límite mínimo variable

Se establece un valor para que todos los valores resultantes sean mayores a ese número. En caso de que no haya suficientes resultados, dicho mínimo se decrementará iterativamente hasta que el número de resultados sea suficiente o se alcance un valor mínimo por debajo del cual no interese tomar valores.

Por ejemplo, por defecto se ha establecido como límite máximo 800, como límite mínimo 700, como decremento 50 y como número de datos 20. Por ello, en primer lugar se buscarán en los datos de nuestras medias diezminutales únicamente los que tengan valor de G superior a 800. Si obtenemos menos de 20 valores, se decrementará el límite en 50 hasta los 750, así que elegiremos los datos que cumplen que el valor de G supere 700. Si siguen sin haber suficientes resultados (20), se volverá a decrementar el límite hasta los 700. En esta ocasión, aunque no haya un número de resultados superior al esperado, se devolverán ya que se habrá llegado al límite mínimo. Los datos de límite máximo, límite mínimo, decremento y número de elementos son configurables dentro del VI.

II. Mediante Rango

Se establece un máximo y un mínimo y únicamente se devolverán los resultados comprendidos entre esos valores.

Así, el valor por defecto de máximo está en 800 y de mínimo en 700. En este caso, se devolverán los resultados que tengan G comprendida entre 700 y 800. Los valores de máximo y mínimo son configurables en el VI.

b) Filtro G variación

Se quiere asegurar que dos datos de G consecutivos no difieren en más del 30W. Si un valor difiere con el anterior en más de 30W en valores absolutos o no son consecutivos (difieren en más de 10 minutos), se elimina ese uno. Esto sucede cuando la temperatura no se ha estabilizado.

c) Filtro SOC

Se sabe que, cuando las baterías están al 99 % de su capacidad, la potencia generada por los paneles puede quedar limitada por el convertidor, por lo que esos datos tampoco habrá que considerarlos.

Los valores del SOC se obtienen cada segundo, de modo que si en un segundo es mayor a 98, se elimina todo el bloque de datos al que pertenecía ese segundo.

En la Figura II.3.1 se esquematiza el orden de aplicación de los filtros.

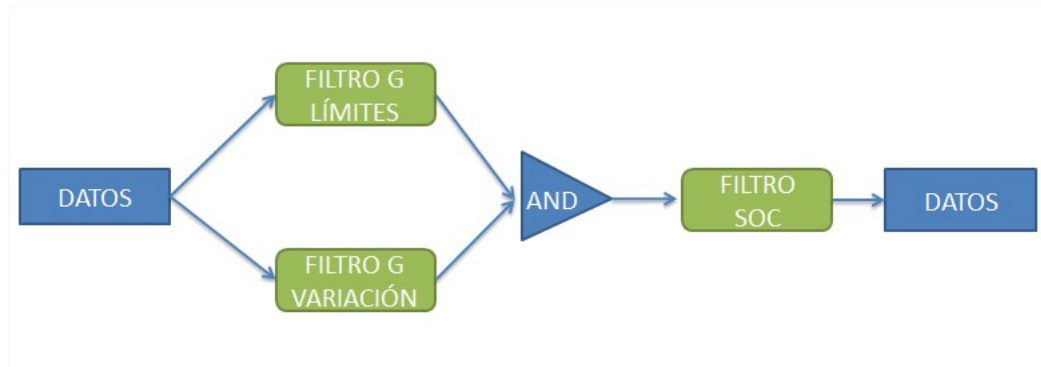


Figura II.3.1: Esquema de los filtros

Es decir, se aplican en paralelo ambos filtro de G: límites y rango, sobre los datos. Después se hace la operación AND entre ambos resultados, de modo que nos quedemos únicamente con los valores que se cumplan en ambos. Finalmente, a partir del filtro SOC se obtienen los datos resultantes.

La potencia en estos datos se debe convertir a P25. La P25 es la potencia que se generaría si la temperatura del panel fuese de 25°C. Su fórmula es la siguiente:

$$P_{25} = \frac{P}{(1 - 0.005 * (T - 25))}$$

Esta se ha obtenido siguiendo el siguiente razonamiento. Dado que la potencia generada P para cualquier irradiancia G y temperatura del panel T se puede aproximar como:

$$P = P_p * \frac{E}{1000} * f(T), \text{ donde } f(T) = (1 - 0.005 * (T - 25))$$

$P_{25} = \frac{P}{f(T)} = P_p * \frac{G}{1000}$, siendo $y = \frac{P}{f(T)}$, $m = P_p$ y $x = \frac{G}{1000}$ se obtiene una función lineal del tipo $y = mx + n$, que queda $y = mx$ porque cuando no hay irradiancia la potencia es 0, así que $n = 0$.

Una vez se tienen los datos de G y P25 filtrados, se presenta una gráfica de G/1000 frente a P25. En esta gráfica se dibujan los puntos obtenidos de contrastar G frente a P. Además, se hace necesaria una regresión lineal de dichos puntos que se forzará que pase por 0, de modo que será la pendiente de esa recta la que nos mostrará la potencia pico del panel fotovoltaico.

En la Figura II.3.2 se puede ver un ejemplo de la grafica, en este caso de Septiembre de 2012.

b. Panel Frontal

Desde el panel frontal de este VI se puede realizar toda la configuración requerida para la posterior ejecución del programa, de modo que nos devuelva unos datos acotados a los valores que queremos.

En la Figura II.3.3 se puede ver el aspecto general, con las opciones más usuales.

Una vez iniciado el VI, se especifican todas las configuraciones y se pulsa el botón **GO**. En ese momento se encenderá el LED *calculando* y cuando termine se apagará y se

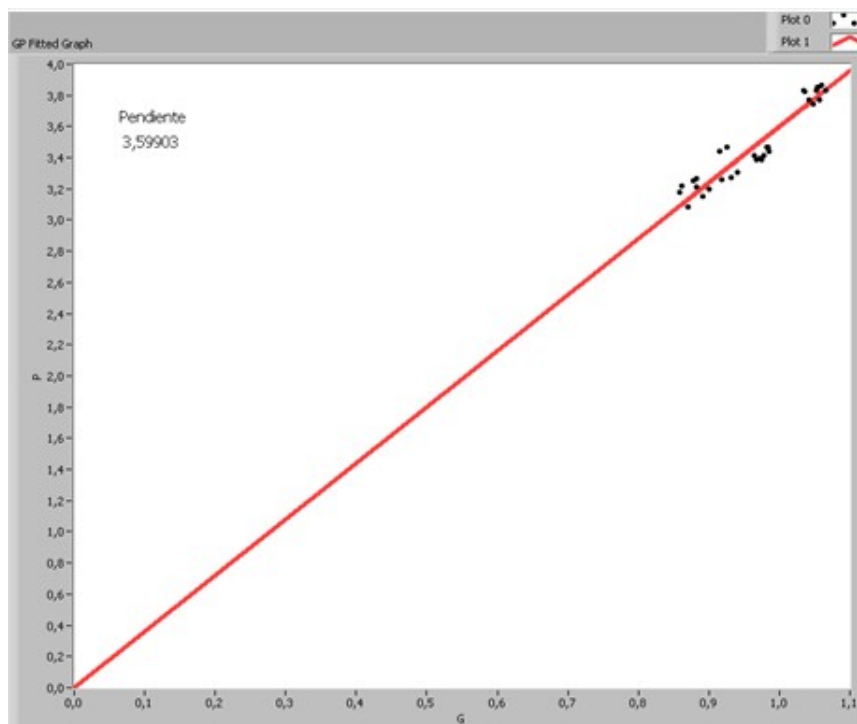


Figura II.3.2: Esquema de los filtros

representarán tanto los puntos de la gráfica, como la regresión lineal como el valor de la pendiente.

Durante el cálculo, se deshabilitarán todos los controles que permiten la configuración, ya que no podremos solicitar nuevos datos hasta que no termine la ejecución de los primeros.

Los aspectos configurables de este VI se pueden ver en la Tabla II.3.1.

A continuación se muestran una serie de imágenes según los distintos estados en los que puede estar la parte de configuración panel frontal. Todos ellos se presentan con los valores por defecto en los controles numéricos.

c. Diagrama de bloques

El código del VI se puede dividir en las siguientes partes:

- Configuración valores iniciales
- Recogida de datos
 - Media
 - Filtro G límites
 - Filtro G variación
 - AND de los resultados de los dos anteriores
 - Filtro SOC
 - aP25

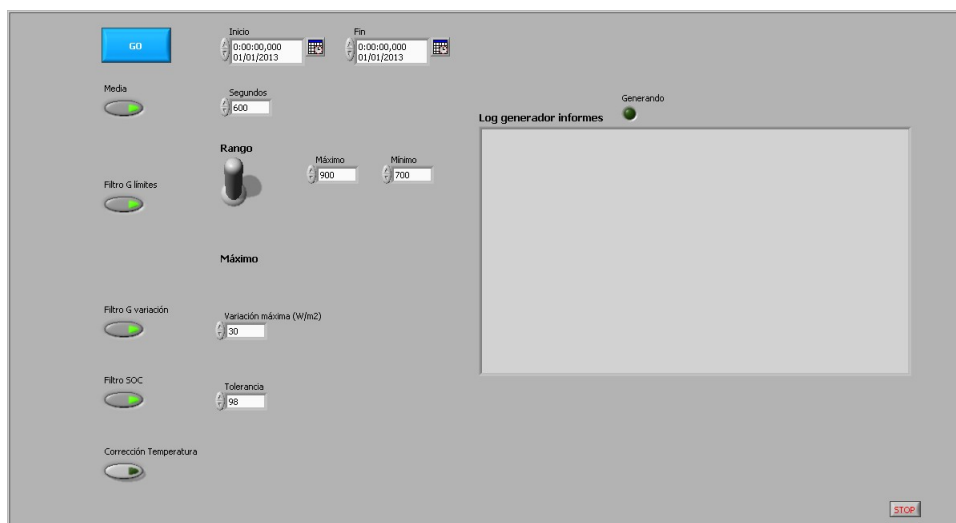


Figura II.3.3: Aspecto general del panel de Potencia Pico

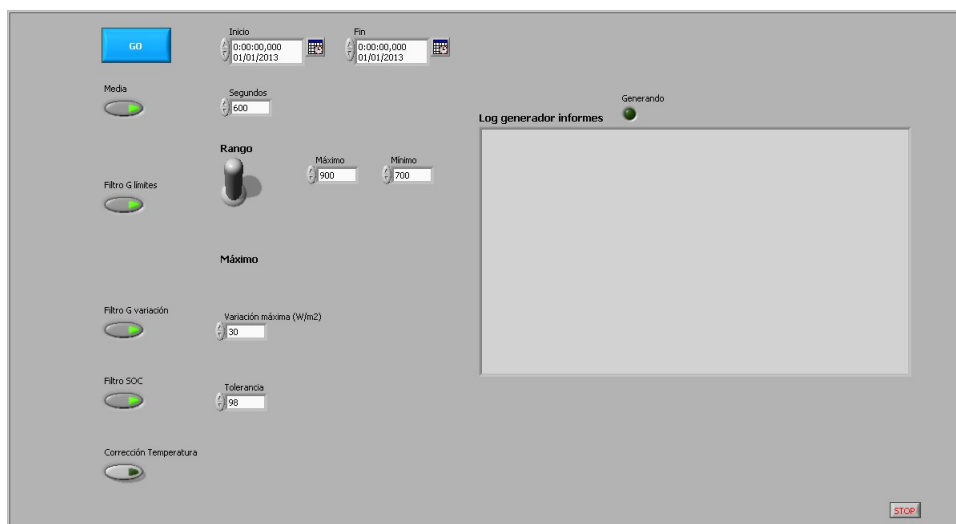


Figura II.3.4: Filtros activados y modo rango

- Conversión de datos a gráfica
- Ajuste y representación de los datos

A continuación se detallan los aspectos más relevantes de cada una de las partes.

- Configuración valores iniciales Los valores de los controles se usarán a lo largo del programa. Se habilitan / deshabilitan los controles según esté en ejecución o no.
- Recogida de datos Bucle en el que se recogen y tratan los datos. Los datos se recogen en bloques de 24 horas, así que habrá como mínimo tantas iteraciones como días seleccionados. Puede haber más iteraciones si se ha seleccionado el modo máximo en el filtro G límites y no se llega al número mínimo de valores establecido. El bucle termina porque se haya escogido el modo MÁXIMO, porque el número de valores sea superior al establecido o porque se haya alcanzado el límite mínimo en el modo MÁXIMO.

El código de la recogida de datos se puede ver en la Figura II.3.8

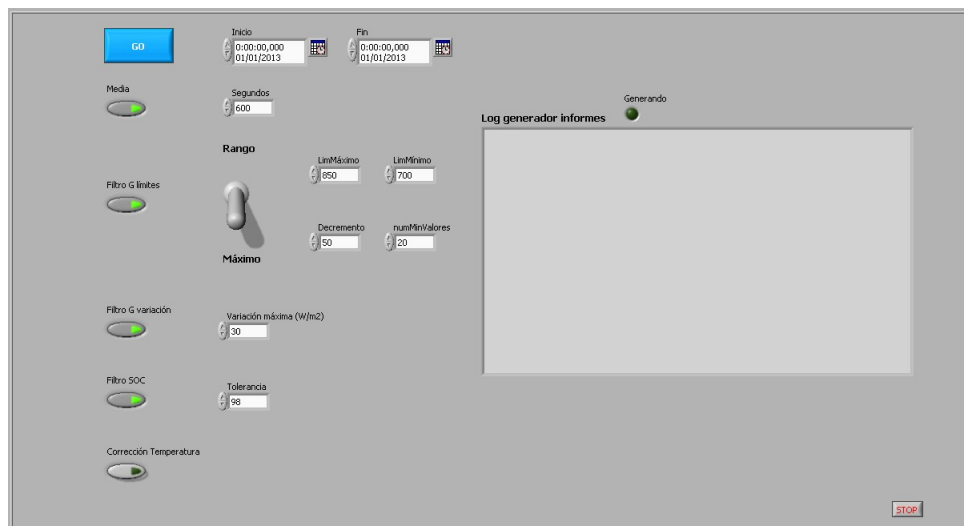


Figura II.3.5: Filtros activados y modo máximo

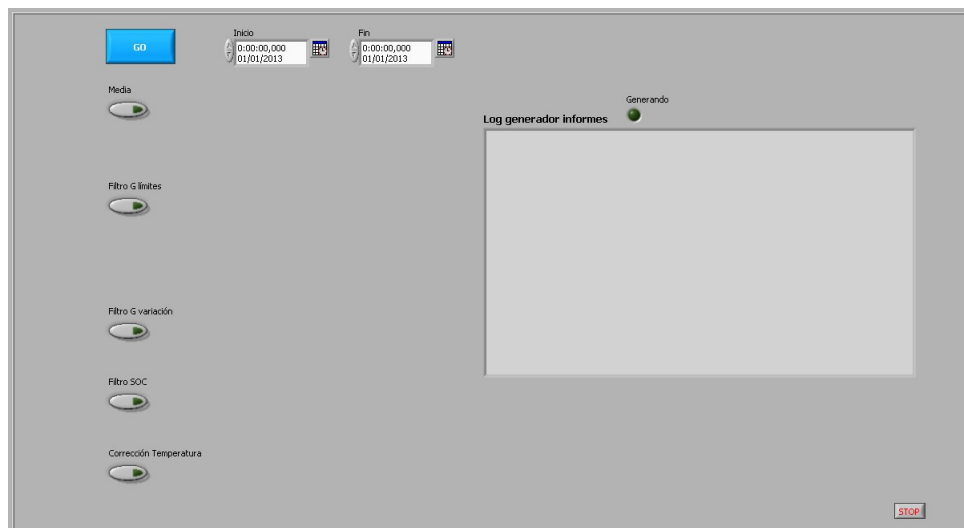


Figura II.3.6: Filtros desactivados

- **Media** En el caso de haber seleccionado la Media, se hace la misma según el valor de segundos. En caso contrario, se devuelven todos los valores.
- **Filtro G límites** En caso de haber seleccionado este filtro, se ejecuta devolviendo los datos entre los límites. El dato de entrada Rango especifica si se usará rango o máximo. Los valores y,z corresponderán al máximo y mínimo respectivamente si el modo es el rango o límite máximo y límite mínimo si el modo es el máximo.
- **Filtro G variación** En caso de haber seleccionado este filtro, se ejecuta devolviendo los datos que cumplen la restricción del %.
- **AND de los resultados de los dos anteriores** Se mezclan los resultados de ambos filtros usando una función AND, de modo que únicamente se obtendrán los datos que estén en ambos conjuntos.
- **Filtro SOC** En caso de haber seleccionado este filtro, se ejecuta devolviendo los datos que cumplen la restricción <.
- **aP25** Los datos de la potencia se transforman a P25 siguiendo la siguiente fórmula:

$$P_n = P / (1 - 0.05 * (T - 25))$$

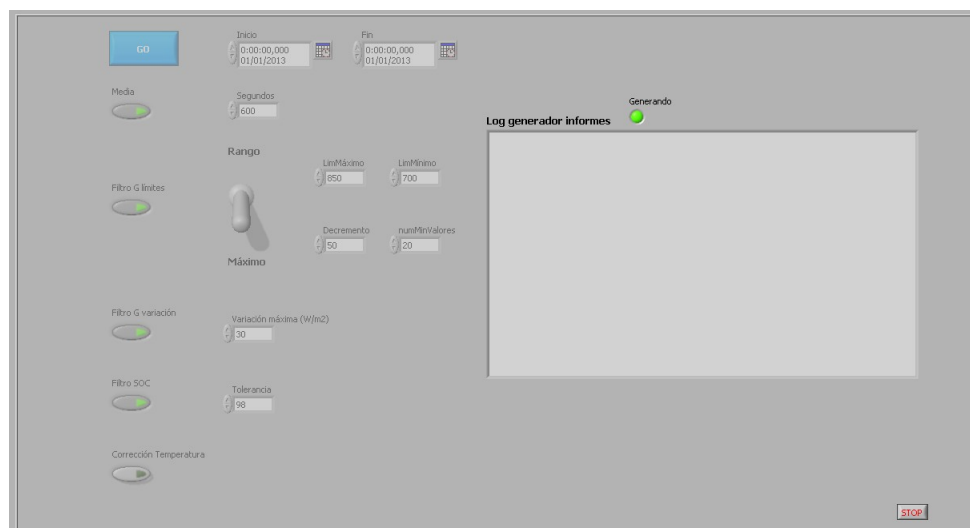


Figura II.3.7: Potencia pico ejecutándose

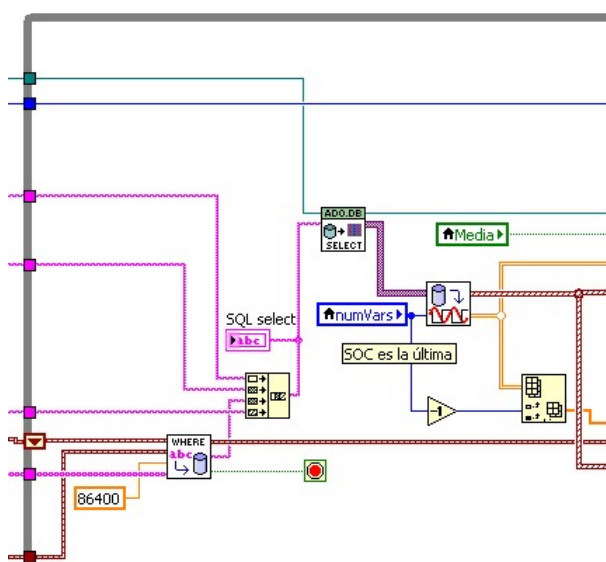


Figura II.3.8: Potencia pico: recogida de datos

Donde P es la potencia y T es la temperatura. P25 indica la potencia si la temperatura fuese 25°C.

- Conversión de datos a gráfica

La conversión de los datos a datos representables en una gráfica se hace por medio del subVI toGraphData.vi.

- **Ajuste y representación de los datos** Una vez se tienen los datos representables, se realiza la regresión lineal de ellos asegurándonos que pasa por 0 y obtendremos tanto los puntos, la línea como la pendiente de la misma, como se puede ver en la Figura II.3.9.

Los cálculos se repiten para cada uno de los meses del intervalo, y es el dato de la Pendiente el que se almacena para ser representado más adelante en una gráfica en el informe.



Figura II.3.9: Regresión lineal

II.3.2. Construcción del informe en PDF

a. Descripción

Una vez obtenidos los datos, éstos se deben presentar en un documento PDF que resulte amigable en la lectura tanto en un equipo como impreso. El formato debe resultar ordenado, donde los resultados sean claros. Así, se facilitará el análisis de los mismos.

El documento PDF resultante constará de varios elementos, siendo el más importante de todos ellos la gráfica generada. Encima de ella aparecerá una breve explicación de qué parámetros se han seguido para la generación de esos resultados. Por último, aparecen los resultados de la gráfica en una tabla, junto con su error, para análisis más exhaustivos.

Todos estos datos llegan a la generación del PDF ya calculados, y se puede estudiar su cálculo en la sección Análisis Energético Diario. (Apartado II.3).

El tiempo de ejecución depende casi por completo del cálculo de los datos, ya que la generación del informe es casi instantánea. Este cálculo depende mucho de las opciones seleccionadas. Por ejemplo, para la ejecución entre un máximo y un mínimo durante cuatro meses, el tiempo de ejecución ronda los 8 minutos.

b. Panel Frontal



Representa el volcado de datos en un informe PDF.

Aunque dispone de interfaz de usuario, este VI (PDFEvolucionPotenciaPico.vi) no está destinado a interacción por parte del usuario, ya que se ejecuta internamente. Los datos que ofrezca se llevarán al VI principal: EvoluciónPotenciaPico.vi.

Los documentos se crean en una carpeta llamada PDF que se ubica en el mismo lugar donde estemos ejecutando el VI.

c. Diagrama de bloques

El código del VI se divide claramente en las siguiente partes:

■ Recogida de datos

- Creación de mensajes
 - Crear informe
 - Encabezado y pie de página
 - Escritura de datos
 - Mensajes
 - Gráfica
 - Tabla
 - Cerrar informe
- Eliminar ficheros temporales y log

A continuación se detallan los aspectos más relevantes de cada una de las partes.

■ Recogida de datos

Se recogen los datos provenientes del VI EvolucionPotenciaPico. A estos datos se les aplica un formato para convertirlos en datos que se puedan insertar directamente en el PDF.

En concreto, se hace uso del subVI FormatData.vi, que crea la gráfica de valores a partir de las fechas y datos. También crea distintas tablas con los datos y el error, de manera que una tabla solo albergue los datos de 4 meses, para que el informe final tenga una lectura más sencilla. Se puede ver el proceso de creación de las distintas tablas en la Figura II.3.10.

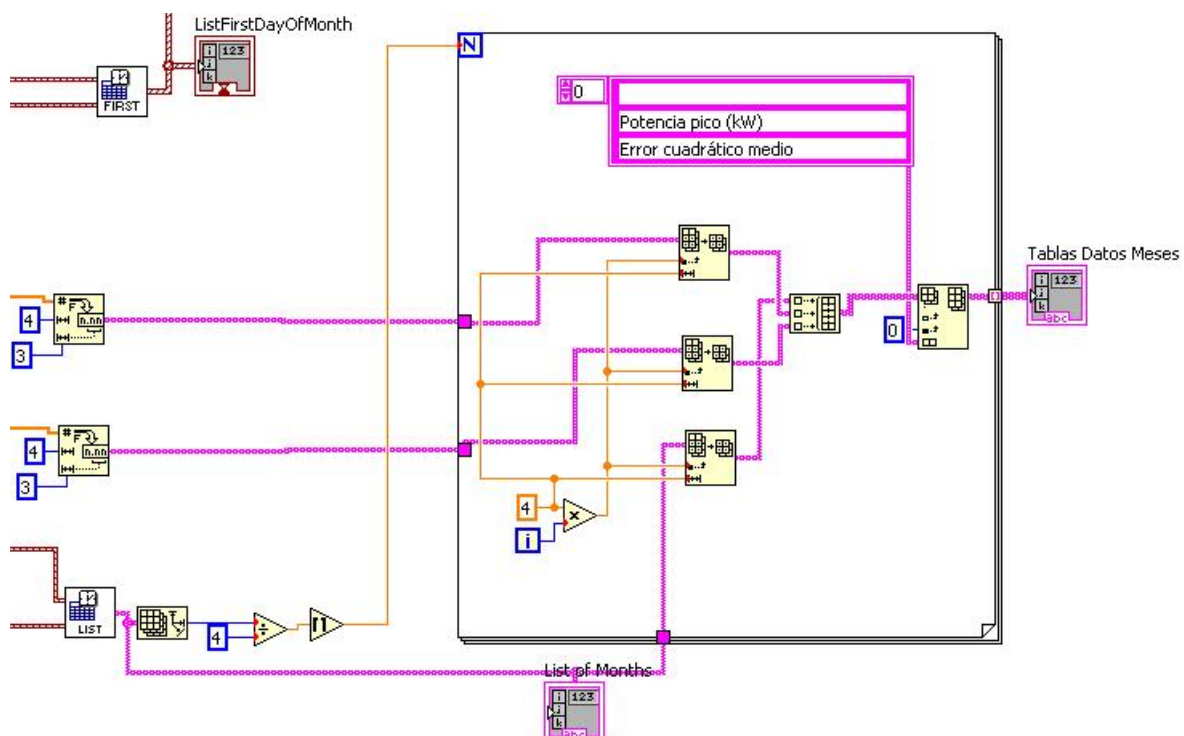


Figura II.3.10: Creación de tablas de 4 meses

■ Creación de mensajes

En este apartado se interpretan las entradas del usuario en el panel de control para crear mensajes que expliquen cómo ha sido la generación de datos. Según las entradas en el panel, se establecen una serie de mensajes que se aplican al informe en concreto. Antes de ellos, también se incluirán dos mensajes que expliquen la potencia pico y el error cuadrático medio, que es el usado en los cálculos.

■ Generar PDF

Todos los pasos para generar el documento PDF se han encapsulado en Flat Sequence Structure, ya que según la documentación de la librería PDF Report, así es lo más adecuado para que no se generen errores. Esta estructura asegura que ese ejecutará el código en un determinado orden, ya que hasta que no termina una secuencia no continúa con la siguiente.

• Crear informe

El código de crear informe se puede ver en la Figura II.3.11

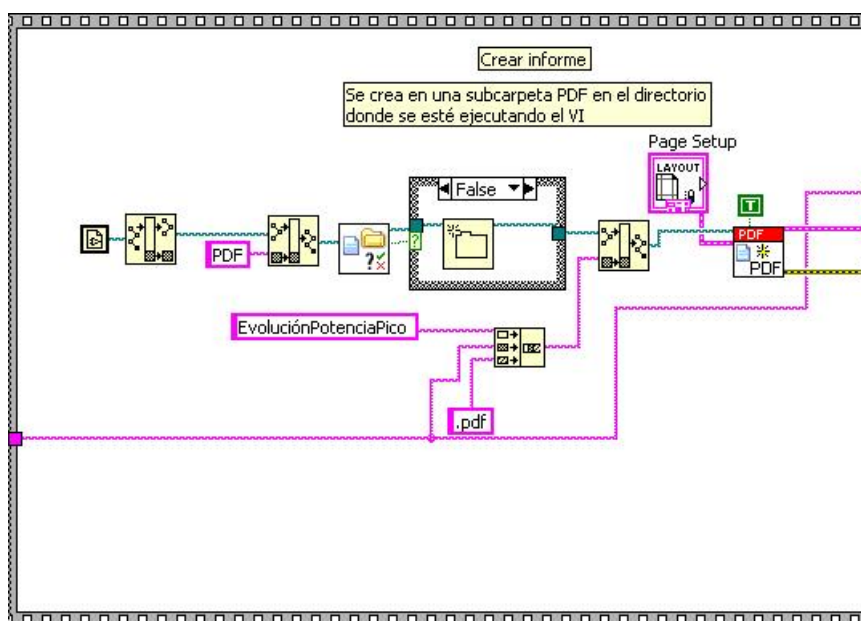


Figura II.3.11: Creación de tablas de 4 meses

Se crea el path en el que se guardará el documento a partir del path del VI actual. Comprobamos si existe la carpeta PDF para crearla en caso contrario. Establecemos el título de nuestro informe PDF, que será *EvoluciónPotenciaPico MesInicio Año Inicio - MesFinal AñoFinal*. Usamos New PDF con ese path, como Page Setup será formato A4 en vertical y que siempre sobrescriba el fichero.

• Encabezado y pie de página

El encabezado corresponderá con el título del documento a la izquierda y el logo de la UPNA a la derecha. Este encabezado únicamente aparecerá a partir de la página 2, cuando ya no hay título.

El pie de página será únicamente la numeración de las páginas siguiendo el patrón *Página x de y*, siendo x la página actual e y el número total de ellas.

El resultado del encabezado se puede ver en la Figura II.3.12 y el del pie de página en la Figura II.3.13.

Figura II.3.12: Encabezado PDF Evolución Potencia Pico

Página 2 de 2

Figura II.3.13: Pie de página PDF Análisis Energético

- Escritura de datos
 - Mensajes
Una vez creados los mensajes, simplemente se insertan en el PDF debajo del título.
 - Gráfica
La imagen de la gráfica se ha obtenido a partir del subVI FormatData, así que también basta con incluirla.
 - Tabla
En el subVI FormatData se han creado las distintas tablas. Habrá que recorrerlas en un bucle para añadirlas todas.
- Cerrar informe Se cierra el informe PDF. Este es el momento en el que se guarda y se añaden tanto los encabezados como los pies de página.
- Eliminar ficheros temporales y log Se eliminan las imágenes correspondientes a las gráficas, que se han creado en el directorio de archivos temporales.
También queda reflejada la creación del informe PDF en el log del panel frontal.

d. Informe PDF resultante

A continuación, se adjunta una muestra del PDF resultante.

En este caso, el PDF resultante tiene dos páginas, que se pueden ver en las Figuras II.3.14 y II.3.15.

Nombre	Descripción	Valor por defecto
Inicio	Timestamp con la fecha de inicio a partir de la cual se recogen datos	00:00:00,000 01/01/2013
Fin	Timestamp con la fecha de fin hasta la cual se recogen datos	00:00:00,000 01/01/2013
Media	Booleano que indica si se realizará media de los datos o se escogerán todos.	TRUE
Segundos	Número de segundos que se agruparán en cada media (número de datos)	600 (10 minutos)
FiltroG límites	Booleano que indica si se aplicará el filtro G límites	TRUE
RANGO - MÁXIMO	Toogle Switch para seleccionar el modo de FiltroG	TRUE (RANGO)
Máximo	Entero que indica el máximo de G en el caso de escoger el modo RANGO	800
Mínimo	Entero que indica el mínimo de G en el caso de escoger el modo RANGO	700
LimMáximo	Entero que indica el máximo de G en el caso de escoger el modo MÁXIMO	850
LimMínimo	Entero que indica el mínimo de G en el caso de escoger el modo MÁXIMO	700
Decremento	Entero que indica el valor que se resta en cada iteración al límite máximo en caso de escoger el modo MÁXIMO	50
numMin Valores	Entero que indica el número mínimo de valores a representar en caso de escoger el modo MÁXIMO	20
Filtro G Variación	Booleano que indica si se aplicará el filtro G Variación	TRUE
Tolerancia %	Entero que representa el % de la máxima variación	3
Filtro SOC	Booleano que indica si se aplicará el filtro SOC	TRUE
Tolerancia	Tolerancia Entero que representa el valor de SOC que delimitará el filtro	98
Corrección Temperatura	Booleano que indica si se aplicará la corrección de T ^a	FALSE
°C	Real que indica el número de °C que variarán todos los valores de T ^a	0

Tabla II.3.1: Aspectos configurables del panel de Potencia Pico

Evolución de la potencia pico de la instalación fotovoltaica de la UPNA



Enero 2013 - Junio 2013

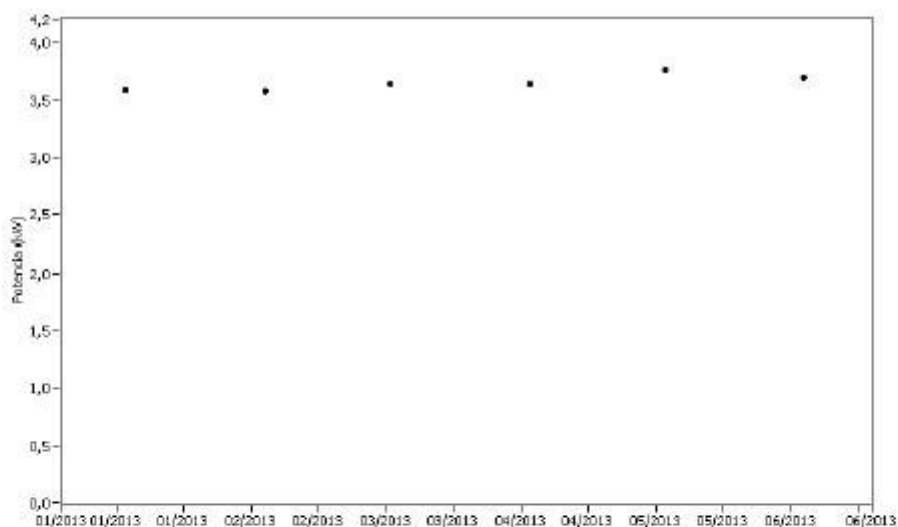
La potencia pico es la potencia del campo fotovoltaico a 1000 W/m² y 25°C.

El valor cuadrático medio se refiere al existente entre la regresión lineal realizada entre la potencia del campo fotovoltaico a 25°C y la irradiancia y los valores medidos.

Se ha generado con unos datos de irradiancia entre 700 y 900 W/m².

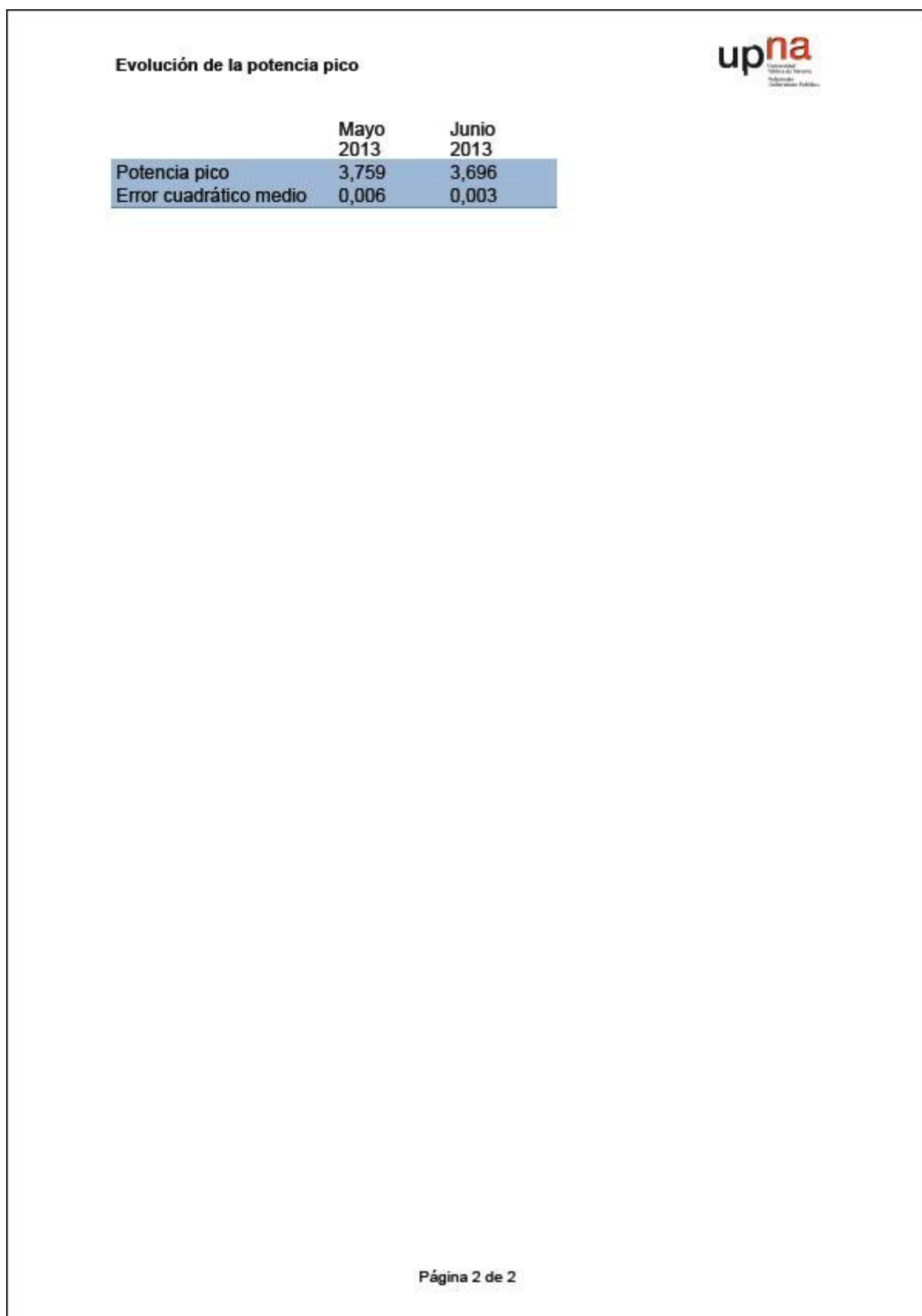
Se ha usado una media diezminutal.

Sin oscilaciones de irradiancia superiores a 30W/m².



	Enero 2013	Febrero 2013	Marzo 2013	Abril 2013
Potencia pico	3,584	3,577	3,634	3,638
Error cuadrático medio	0,002	0,009	0,002	0,002

Figura II.3.14: Análisis Potencia Pico Página 1

**Figura II.3.15: Análisis Potencia Pico Página 2**

Parte III

Control remoto

Capítulo III.1

Objetivo

La Microrred electro-térmica de la UPNA se conecta mediante un PXi a un PC de propósito general con tres pantallas, todo ello ubicado en el laboratorio de Energías Renovables del departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en la UPNA. El software ya creado para esa Microrred permite monitorizar y controlar el funcionamiento de la misma en el PC local.

Una de las pantallas del PC muestra la monitorización de todas las variables de la Microrred. Otra de ellas permite el control de la misma. La tercera, aunque fundamentalmente muestra gráficas en tiempo real con los datos de la Microrred, también se utiliza para obtener históricos, tanto en gráfica como en ficheros csv y txt. Sin embargo, los datos de la Microrred únicamente se vierten en ese PC, ya que incluso el SGBD que los almacena, se encuentra en el mismo.

Dado que la microrred está en marcha todos los días del año las 24h del día, es necesario poder monitorizarla en cualquier momento desde cualquier lugar por si algo fallara. En ese caso, se debe poder actuar sobre la misma de manera remota para evitar problemas derivados del fallo, como por ejemplo la total descarga de las baterías y el consecuente paro automático.

Así, surge la necesidad de poder monitorizar e incluso controlar la Microrred desde el exterior, añadiendo movilidad a los requisitos. En los siguientes capítulos se estudiarán el estado del arte, incluyendo las distintas alternativas con las que resolver esta necesidad. Una vez analizadas y seleccionada la mas óptima, el documento se centra en el desarrollo e implementación de la misma.

Capítulo III.2

Estado del arte

Los programas que controlan la Microrred están desarrollados con LabVIEW. Las licencias disponibles en la UPNA de este software no incluyen ningún módulo que permita el control remoto. De hecho, son pocas las soluciones que ofrece, además de muy limitadas. Se estudian a continuación:

III.2.1. Alternativas

■ Escritorio remoto

La primera de las respuestas más obvias al control remoto pasa por usar la función de *Escritorio Remoto* proporcionado por Windows, que es el Sistema Operativo del PC que se comunica con la Microrred. El escritorio remoto permite conectarse desde un PC a otro a través de una red o Internet y controlar todo lo que está sucediendo en ese segundo PC.

✓ Ventajas

El escritorio remoto de Windows es un software ya creado e incrustado en el sistema operativo, así que no es necesario instalar ningún otro software para utilizarlo. Únicamente bastaría con habilitar la conexión a Escritorio remoto del PC.

Su uso es muy sencillo, ya que una vez conectado ves el PC al que te has conectado como si fuera el tuyo propio, permitiendo moverte por todas las carpetas y programas.

Además, como es una función que tiene ya cierta historia, hay mucha documentación disponible, ya sea en la página oficial del sistema operativo como en multitud de blogs y foros que tratan el tema.

✗ Desventajas

La primera razón para descartar el escritorio remoto es su inseguridad. Se puede restringir el acceso a unos usuarios concretos, pero todo PC conectado a una red externa ya es vulnerable a ataques externos.

Incluso es muy lógico plantearse si el usuario que quiera controlar la Microrred debería tener acceso a todo el PC. Hay que aplicar la premisa del mínimo número de permisos, y, si un usuario solo necesita acceso a un porcentaje muy pequeño

del PC, no tiene sentido darle permiso para controlarlo por completo. Por error o a propósito, podría malograr ya no solo el control a la Microrred, si no destruir todos los datos almacenados, además de que tendría acceso a todo el sistema de ficheros del ordenador, que podría contener información sensible.

Es decir, no existe ninguna razón para darle permisos totales a un usuario sobre nuestro ordenador, si únicamente queremos que controle una parte muy pequeña del mismo.

De todos modos, no se puede establecer una conexión de escritorio remoto desde una red externa ya que el PC solo se encuentra conectado a una red local, sin disponer de IP pública. Al estar dentro de la red de la UPNA, todas las conexiones deben atravesar un NAT, así que no es posible encontrar ese PC desde el exterior sin ser él quien ha iniciado la conexión.

Por otro lado, las veces que se ha probado el uso de escritorio remoto contra el PC en área local, se ha podido visualizar completamente, ya que aunque el PC tenga tres pantallas, el escritorio remoto te permite navegar entre ellas. El problema surgía al desconectar la conexión remota, ya que, al no estar Windows optimizado para soportar tres monitores, se desconfiguraba la visualización y uno de ellos aparecía en negro, teniendo que repetir la configuración de las pantallas.

Otro problema que presenta el escritorio remoto es que, mientras se realiza el control remoto, el usuario local no puede controlar su máquina. No interesa que haya dos personas controlando las órdenes que se envían a la Microrred a la vez, pero no resulta aceptable que, si hay una persona trabajando en la máquina de manera local, pierda el control de la misma únicamente porque se desee comprobar el estado de la microrred desde el exterior.

pero si podía alguien en local estar trabajando para optimizar alguno de los otros programas relacionados con la Microrred, perdiendo ese tiempo mientras lo controlasen de manera externa.

■ Remote front panel

Desde la versión 6.1 de LabVIEW¹, se introduce la característica de *Remote front panel*, cuya traducción es Paneles frontales remotos.

Hay que recordar que todo programa en LabVIEW (también llamado VI, por Virtual Instrument), se divide en dos partes: el panel frontal y el diagrama de bloques. El panel frontal es la interfaz con la que interactúa el usuario, mientras que el diagrama de bloques contiene el código en lenguaje G. Los Paneles frontales remotos permiten reproducir un panel frontal de un VI en un HTML y alojarlo en una URL en el servidor web de LabVIEW, de modo que se pueda visualizar y, si se configura, controlar a través de un navegador web.

✓ Ventajas

La versión 6.0 de LabVIEW, la primera que incluyó los paneles frontales remotos, data de 2007. Esto quiere decir que es una característica relativamente madura en el software, por lo que su funcionamiento está asegurado.

Implementarlo es realmente sencillo, ya que basta con seleccionar el VI, indicarle que sea remoto. LabVIEW creará un documento HTML que se alojará en una URL, de modo que tendremos una “página web” que únicamente contiene el VI. Es posible configurarle un título, texto encima y debajo del VI.

¹<http://www.ni.com/white-paper/3277/en>

Para controlarlo, basta con acceder a la URL y hacer *clic derecho* / *pedir control* para poder controlar el VI incrustado en esa página.

Se puede especificar que no se pueda controlar el VI, únicamente visualizarlo.

✗ Desventajas

Se han producido pocos cambios en esta característica desde su lanzamiento en 2007, así que lo primero que hay que dudar es de la seguridad de la misma.

Para poder visualizar el VI desde el navegador se necesita tener LabVIEW instalado en la maquina que corra ese navegador, o, como mínimo, *LabVIEW Run-Time Engine*. Esto supone una limitación muy grande, ya que es preciso que la maquina soporte LabVIEW y lo tenga instalado. Se dispone de este software tanto para Windows, como Linux y Mac, pero resultaría imposible acceder a esa URL desde una tablet o un móvil.

No se dispone de una IP externa para conectarse directamente al PC, por lo que no podría servir los VIs más que en red local.

De nuevo, se le están dando más permisos al usuario de los estrictamente necesarios, ya que puede controlar todo el VI, cuando quizás únicamente queramos que acceda a parte del mismo. Además, si tuviéramos las opciones repartidas entre distintos VIs, tendríamos que crear un Panel frontal remoto para cada uno de ellos, y tendrían distintas URLs. Aunque hiciéramos una página de índice con enlaces a las demás páginas, sigue siendo incómodo de usar. La otra opción sería cambiar los VIs en el PC para poder aunarlos en uno solo y poder controlar ese, pero se debería seguir el principio de “Abierto/cerrado”², que indica que el software debería estar cerrado a los cambios pero abierto a las extensiones.

Por último, resulta muy poco configurable, ya que únicamente se puede añadir un título y algo de texto encima y debajo del VI, que se añade como texto plano HTML. Estéticamente, quedaba muy pobre y antiquado. Además, se alineaba todo a la izquierda, sin dar posibilidad de usar un fichero de estilos CSS para crear márgenes, etc. Esta característica nació en 2007 y ya casi era antigua en su momento, por su escasa configuración.

■ Data Dashboard for LabVIEW

Data Dashboard for LabVIEW es una aplicación móvil tanto disponible para dispositivos Android en Play³ como para iPads de Apple en iTunes⁴. Esta aplicación permite conectar un VI del PC al móvil, de manera que se pueda realizar el seguimiento desde ahí.

✓ Ventajas

Es una aplicación nueva y en constante desarrollo, ya que las últimas versiones tienen 2 meses de antigüedad.

Al estar desarrollada y destinada para dispositivos móviles, está claro que funcionará en los mismos, asegurando el cumplimiento del requisito de movilidad.

Su uso es muy sencillo e intuitivo.

Ambas versiones son gratuitas, por lo que su uso no añade ningún coste.

El aspecto estético de las aplicaciones, así como de los resultados, es muy agradable.

²Robert C. Martin, <http://www.objectmentor.com/resources/articles/ocp.pdf>

³<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ni.labview.SharedVariableViewer>

⁴<https://itunes.apple.com/es/app/data-dashboard-for-labview/id481303987?mt=8>

✗ Desventajas

Únicamente la aplicación para iPads permite controlar los VIs, ya que la versión de Android solo permite monitorizarlos.

Hay que realizar una configuración por cada dispositivo que se quiera utilizar para monitorizar y controlar, por lo que, al realizar algún cambio, habría que modificarlo en todos los dispositivos destinados a ello. Además, esto se enfrenta al principio de movilidad, ya que se está limitado al número de dispositivos configurados y correctamente actualizados para realizar el control.

No resultan demasiado configurables, ya que al ser tan sencillos no implementan las operaciones más complejas.

Al igual que en los casos anteriores, se requiere de una conexión externa al PC, de la cual no se dispone.

■ Aplicación móvil

Una aplicación móvil permitiría a los usuarios controlar la Microrred desde su dispositivo móvil, pudiendo acceder en cualquier momento y lugar.

Esta aplicación estaría instalada en el dispositivo y mostraría toda la información de la Microrred, permitiendo también el control de la misma.

La comunicación de los datos sería mediante Servicios Web.

✓ Ventajas

Es una alternativa acorde a la tecnología actual, de modo que da todas las comodidades que aportan las nuevas tecnologías. Sin embargo, es lo suficientemente madura como para contar con un gran desarrollo y mucha documentación al respecto.

Al ser una aplicación móvil, el mismo dispositivo podría ser el que está registrado como usuario permitido para el control, por lo que no sería necesaria una clave para usarla.

Los dispositivos móviles, ya sean smartphones o tablets, son muy comunes y bastante económicos hoy en día, por lo que encontrar dispositivos donde instalarla no presentaría gran problema.

✗ Desventajas

El mayor inconveniente se refleja en que, de cara al desarrollo móvil, se necesita una aplicación para funcionar en los dispositivos Android y otra para los dispositivos iOS. Aunque se podría desarrollar la aplicación para Android sin mucho problema, la curva de aprendizaje necesaria para crear la de iOS sería demasiado grande, además de los costes que conlleva subir una aplicación a ese mercado.

Los usuarios finales serían muy pocos, por lo que no tiene mucho sentido publicarla en los mercados de aplicaciones, si no instalarla directamente. Esto choca con la idea de aplicación móvil y deja entrever la falta de idoneidad de la idea.

En el caso de que se extraviase el dispositivo, se tendría acceso al control de la Microrred, lo que podría ocasionar un desastre en manos no expertas.

Como en otros casos, para comunicar directamente la aplicación, sería necesario que en el equipo que controla la Microrred existiera una IP pública, lo que no se puede dar.

■ NI LabVIEWWeb UI Builder⁵

Se trata de una tecnología basada en Silverlight que permite a los usuarios usar un navegador web para interactuar con los sistemas remotos a través de interfaces web dinámicas. Esa comunicación se da a partir de Servicios Web. Se puede ver un ejemplo, obtenido de su web, en la Figura III.2.1

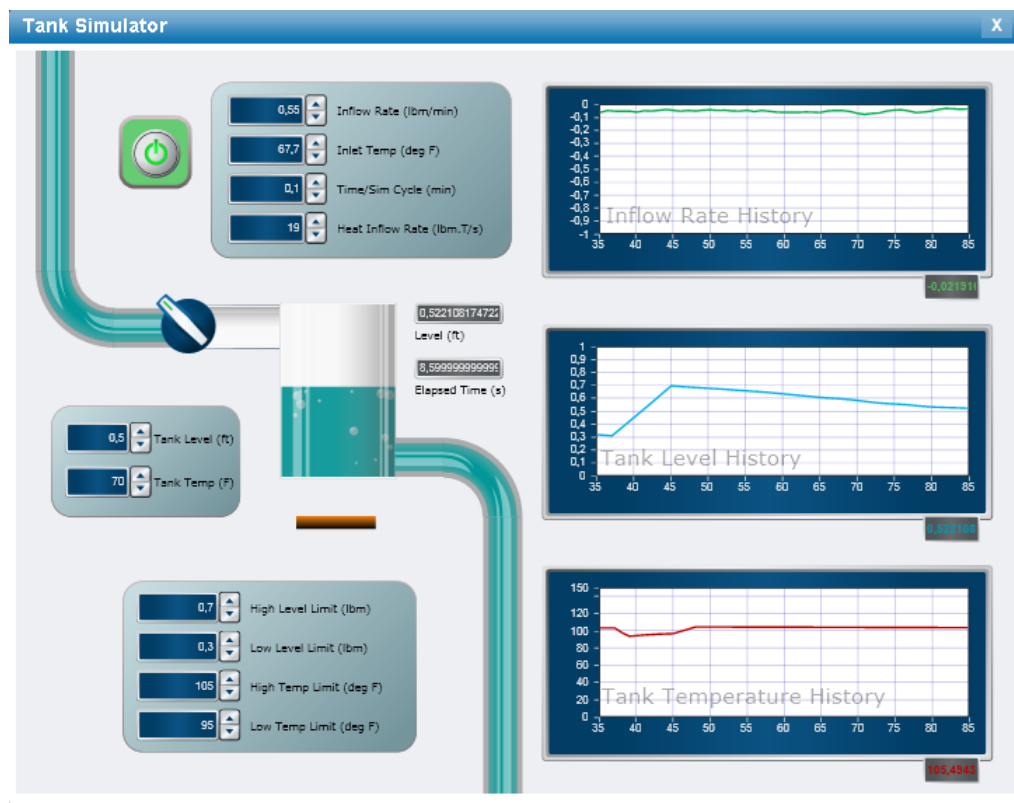


Figura III.2.1: Ejemplo de NI LabVIEWUI Builder

✓ Ventajas

La interfaz de construcción es muy sencilla. El tipo de programación es gráfico, al igual que LabVIEW, por lo que programadores poco experimentados no tendrán problema.

El aspecto general es muy agradable y, gracias a Silverlight, la web creada consta de mucho dinamismo.

Al estar conectado con Web Services, los datos se actualizan constantemente, por lo que se puede asegurar que se tendrá de la información más actualizada posible.

✗ Desventajas

La principal desventaja es que se trata de un complemento de pago, cuya licencia son \$1499⁶. Este es un precio que de ninguna manera abordaría la UPNA, más aún existiendo alternativas.

Otro gran inconveniente es el uso de Silverlight. Microsoft la declaró una tecnología madura y, aunque se seguirá dando soporte durante unos años, no se desarrollará más, lo que no solo supone que no haya nuevas características, si no que no se arreglarán los errores que surjan, etc. Es por eso que se puede considerar como

⁵<http://www.ni.com/uibuilder/>

⁶1133.8436€ según el cambio a 31/07/2013

una tecnología a no usar para un proyecto nuevo y que se prevee que se prolongue en el tiempo, como es el actual.

Además, esto requiere que el equipo desde el que realizar la monitorización y control tenga instalado Silverlight en su navegador, lo cual no es compatible con sistemas Linux ni dispositivos móviles.

Aunque el tipo de programación sea sencilla, requiere bastante tiempo de desarrollo construir una aplicación para que se conecte correctamente con los Servicios Web.

■ Página web y web services

En lugar de usar un software ya creado que resuelva la necesidad, se pueden utilizar las herramientas disponibles para crear un software a medida. Ya que se quiere acceder a través de una red o Internet, crear una página web cumpliría con todas las expectativas.

La misma debería servir los datos disponibles en la Microrred, para tener toda la información. Esto se podría implementar por medio de Web Services, que son servicios a los que se realizan peticiones para recibir respuestas.

Esta propuesta se basa en la idea inmediata anterior, pero de manera que se suplan sus inconvenientes.

✓ Ventajas

Al comenzar la creación de la página web y los web services desde cero, el producto final sería totalmente personalizado, ya que se habría podido decidir sobre todo aspecto de configuración disponible. Así, se podría asegurar que el producto final cumple con un mayor porcentaje de expectativas que el resto de opciones, ya que en cualquier momento se podría cambiar ya el aspecto, o el funcionamiento del mismo.

No se tiene problema con la IP externa porque la página web puede estar alojada en un servidor que si la tenga, siempre y cuando se encuentre en la misma red local que los Web Services, de modo que pueda realizar las peticiones. La red local en la que se encuentra el PC es bastante extensa y en la misma hay varios PCs a los que se puede acceder desde el exterior.

Se dispone de algo de documentación al respecto, ya que en el foro de labview existe un grupo dedicado al desarrollo móvil⁷ y que ofrecen toda la información que han investigado. De hecho, muestran todas las alternativas que han encontrado, incluyendo algunas de las ya explicadas, como los paneles frontales remotos o el NI LabVIEWUI Builder, y descartándolas.

LabVIEW cuenta con herramientas para poder crear Web Services a partir de VIs, y, ya que cuenta también con un servidor web, sirve los datos de los Web Services. Estos Web Services utilizan protocolos y estándares de manera que se pueda acceder a ellos desde distintas aplicaciones, en este caso, una página web.

Una página web realizada desde el principio se puede implementar con HTML5 y CSS3, de modo que se pueda seguir el “*Diseño responsivo*”, de manera que la página sea capaz de adaptarse en tamaño a los distintos dispositivos que puedan acceder, ya sean PCs, tablets o smartphones. El aspecto cambia para cada uno de ellos, adaptándose para que la visualización y la navegación sea la óptima en cada caso.

⁷ni.com/mobilegroup

✕ Desventajas

El mayor inconveniente de esta opción es la dificultad, ya que, aunque en el foro de LabVIEW haya algunos indicios, no hay mucha información una vez se profundiza en el tema. No se encuentran aplicaciones que sean capaces de controlar LabVIEW de la manera que se busca.

Se podría considerar como inconveniente el hecho de que haya que crear la aplicación por completo, ya que, usando alguna de las otras soluciones, se trataría únicamente de configurarla, por lo que el tiempo de desarrollo sería bastante más reducido.

III.2.2. Conclusiones

Se puede concluir que el mayor problema a enfrentarse a la hora de decidir es la disponibilidad de una IP externa. Dada la negativa de la universidad a proporcionar una para el PC que se conecta a la Microrred, no se puede más que descartar las opciones que la precisan.

La última de las opciones (Web Services y página web) resulta la más completa de todas, ya que permite un nivel de configuración y personalización llevado al detalle. La disponibilidad será total, ya que ni el servidor web de los Web Services ni el de la página web se apagará en ningún momento.

Además, al ser responsiva se podrá acceder desde cualquier dispositivo cómodamente, cumpliendo todos los criterios de movilidad.

A continuación se explicará en detalle la solución elegida, así como su implementación.

Capítulo III.3

Servicios Web

III.3.1. Introducción

Los Servicios Web (o Web Services) es una tecnología que se utiliza para intercambiar datos entre aplicaciones de distinta naturaleza. Gracias a la utilización de protocolos y estándares, es posible comunicar aplicaciones en distintos lenguajes de programación, sobre distintas plataformas, etc, y todo ello a través de Internet, por lo que se tiene una disponibilidad total de lo datos, suponiendo, por supuesto, que el servidor que aloja los Servicios Web no sufra ningún daño.

Básicamente, el cliente manda una petición al Servicio Web remoto, que la procesa y contesta con una respuesta que contiene datos que el cliente debe interpretar para mostrar al usuario.

Los componentes de un Servicio Web son los siguientes:

Servidor: Aplicación responsable de leer la petición, ejecutar el método y enviar la respuesta al cliente

Cliente: Aplicación que manda una petición al servidor y espera su respuesta, la cual interpreta.

Protocolos estándar: Protocolos basados en web como HTTP que llevan los datos a través de la red física desde el cliente al servidor y de vuelta.

Red: Red física, como Ethernet o IEEE 802.11, sobre la cual los datos son transmitidos

Se puede ver un esquema del modelo Petición-Respuesta (Request-Response) en la Figura III.3.1

Las organizaciones responsables de la estandarización de los Servicios Web son OASIS y W3C, así como el organismo WS-I, dedicado al desarrollo de perfiles estándar.

Hay distintos estándares utilizados en los Servicios Web, sin embargo, nos centraremos en los Servicios Web de tipo REST, ya que son con los que trabaja LabVIEW.

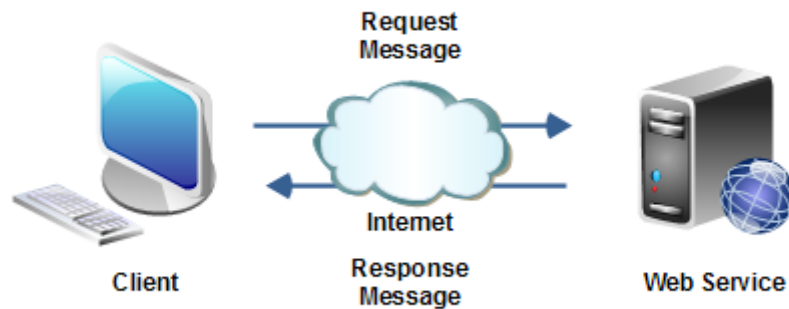


Figura III.3.1: Modelo Request-Response

Los servicios REST¹ son Servicios Web que cuentan con cliente-servidor, de modo que es el primero el que realiza las peticiones al segundo. Además, son sin estado, por lo que no se almacenará información de los clientes. Cada petición será única e independiente de las demás que se hayan podido realizar.

La invocación a los Servicios Web se puede dar por los siguientes métodos: GET, POST, PUT, DELETE. Esto quiere decir que las peticiones que se construyan para el servicio web serán de uno de los cuatro tipos. Usan XML para codificar y decodificar los datos y SOAP para transportarlos, usando protocolos abiertos.

Así pues, los Servicios Web llevan las aplicaciones web un paso más allá, aportando interoperabilidad entre distintas plataformas.

III.3.2. Servicios Web en LabVIEW

Los Servicios Web forman parte de LabVIEW desde la versión 8.6², como una respuesta a la necesidad de un estándar para comunicar los VIs a través de Internet. Gracias a ello, ahora es posible implementar aplicaciones distribuidas que se comuniquen por Internet.

Gracias al Servidor Web que incorpora LabVIEW, se pueden desplegar VI como si fueran Servicios Web y que se pueden invocar mediante llamadas HTTP estándar. No se necesita LabVIEW Run-Time engine, por lo que se podrá acceder desde cualquier tecnología cliente basada en web, ya sea HTML, Javascript, PHP u otros.

III.3.2.1. ARQUITECTURA

La arquitectura de los Servicios Web en LabVIEW se muestra en la Figura III.3.2. Los Servicios Web se usan para tener un interfaz de comunicación con una aplicación en LabVIEW ya desarrollada. Normalmente, no se despliegan los VIs principales como Servicios Web, si no que se crea un conjunto de VIs adicionales que serán los responsables de la comunicación con la aplicación en LabVIEW.

¹<http://www.arquitecturajava.com/servicios-rest/>

²<http://www.ni.com/white-paper/7350/en>

La información entre la aplicación en LabVIEW y los VIs del Servicios Web se transmite usando variables compartidas o memoria compartida (TDMS). En este caso se ha elegido variables compartidas, como se explica a continuación.

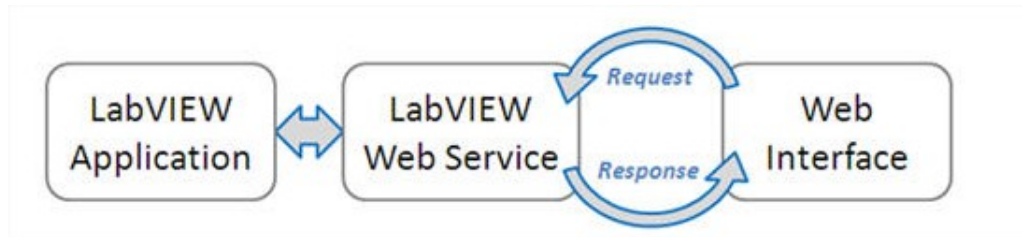


Figura III.3.2: Arquitectura Servicios Web en LabVIEW

III.3.2.2. VARIABLES COMPARTIDAS

Hay dos tipos fundamentales de variables compartidas: *Shared Variables* y *Network-Published Shared Variable* (Variables compartidas publicadas en red). En el caso de los Servicios Web, necesitamos las segundas, ya que las primeras nos permiten conectar VIs en la misma aplicación, pero no a través de Internet, que es lo que se consigue con el uso de Servicios Web.

En este caso solo se quieren conectar VIs en el mismo PC, por un lado los VIs de la aplicación y por otro a los que accederá el Servicios Web. Para que la comunicación entre VIs funcione correctamente, todas las instancias de LabVIEW tienen que ser 8.5 o superior, pero no es problema ya que, como se ha explicado, todos los VIs implicados serán ejecutados sobre un PC que contiene una versión superior a esa.

Éstas variables compartidas pueden ser de tantos tipos como soporta LabVIEW, desde tipos básicos como números (en todas sus representaciones: U32, I16,...) a variables más complejas como pueden ser arrays de Booleanos, de Strings, etc.

El funcionamiento de las variables compartidas publicadas en red es el siguiente:

1. La variable compartida es desplegada en un proyecto de LabVIEW en la máquina que sirve esa variable.
2. Un cliente escribe en esa variable desde un VI.
3. El valor de la nueva variable es enviado al ordenador que la sirve.
4. El PC servidor de esa variable almacena el cambio y publica la variable para todos los VIs que la usen.
5. Los clientes leen en la variable compartida el nuevo valor.

Como se ha dicho, en este caso tanto el cliente como el servidor se trata de la misma máquina, por lo que una vez que un VI escriba sobre una variable, se actualizará su valor en el resto de VIs que la usen.

Las variables compartidas publicadas en red que se usen se almacenarán dentro de una única librería dentro del proyecto.

III.3.2.3. CONFIGURACION DE LOS SERVICIOS WEBEN LABVIEW

Los Servicios Web son de tipo REST y están asociados a un proyecto en concreto de LabVIEW. Desde el proyecto, se puede seleccionar *New / Web Service (RESTful)*. Se crea entonces un Servicio Web de tipo REST al que podemos añadir VIs escuchando.

Cualquier VI puede convertirse en un Servicio Web. Estos actuarán a modo de métodos, de modo que las entradas serán los parámetros de la petición y las salidas del VI será la respuesta.

Para que un VI se convierta en Servicio Web, tiene que estar guardado en el mismo proyecto. Será un VI que no se ejecute, ya que mientras esté ejecutando no contestará a las peticiones. Por ello, será un VI configurado y almacenado, pero que no se abrirá para ejecutar, si no que la llamada al servicio lo ejecutará silenciosamente.

Los Servicios Web se ejecutan en el Servidor Web de LabVIEW, llamado *Application Web Service*, que de aquí en adelante llamaremos simplemente “Servidor Web de LabVIEW”. Entrando a su configuración desde el navegador, se puede cambiar, entre otras cosas, el puerto del mismo.

Por razones de seguridad no se usará el puerto por defecto: 8080, ya que esto provocaría que el sistema fuese más vulnerable a ataques, al tener abierto un puerto donde se supone que se ejecutarán servicios web, es más fácil de encontrar y atacar. Se cambia el puerto a uno disponible entre los recomendados para las aplicaciones propias, dentro del rango [60000-65535].

Se crea en el PC que contiene el Servicio Web una excepción en el Firewall, de modo que acepte conexiones locales dirigidas a ese puerto. Hay que remarcar lo de conexión local, ya que las peticiones nunca podrán darse desde el exterior, de modo que se controla más eficientemente el rango de acceso. Esto es así porque, como se explicará más adelante, las peticiones se realizarán desde el Servidor Web que aloja la página web, ubicado en la misma red.

Ejemplo de Servicio Web simple

Vamos a suponer que hemos creado un Servicio Web RESTful llamado *operaciones*, y está en el mismo proyecto que un VI llamado *Sumar* y otro llamado *MostrarResultado*.

Existe una variable compartida publicada en red llamada *xMasy*.

El primero de ellos tiene dos variables de entrada, que son dos enteros, llamados *x* e *y* y devuelve la suma de ellos en *z*. El resultado de *z* también es llevado a *xMasy* en modo escritura, es decir, estamos almacenando el resultado en *z* y en *xMasy*.

El VI *MostrarResultado* se ejecuta indefinidamente (tiene un bucle infinito) y contiene una salida llamada *resultado*. Internamente, accede en modo lectura a la variable compartida *xMasy* y lleva su valor a la variable *resultado*.

Vamos a desplegar como función del Servicio Web el VI *Sumar*. En las propiedades del Servicio Web *operaciones*, añadimos ese VI en la sección *Source* (código). Al añadirlo,

podemos elegir el método de devolución de resultados: XML, HTML, JSON y texto plano. Se elegirá JSON(JavaScript Object Notation), por ser una estructura fácil de leer si se escribe como texto plano, pero también muy sencilla de decodificar con PHP o Javascript en una página web. JSON consiste en pares de nombre y valor, siguiendo el siguiente esquema:

```
nombre1:valor1;nombre2:valor2,...
```

Creándolo desde LabVIEW, las variables JSON serán muy sencillas, y cada nombre corresponderá a una de las salidas del VI.

Siguiendo en las propiedades del Servicio Web, se puede ir a la sección *URL Mappings*, donde se puede configurar el método por el cual se realizará la petición: GET, POST, PUT, DELETE. Los más utilizados son GET y POST. Como se puede intuir por sus nombres, GET es fundamentalmente utilizado para pedir datos y POST para enviar información. Otra diferencia es que mediante GET, las variables formarán parte de la URL de la petición y mediante POST se enviarán ocultas. En el ejemplo, por simplicidad, usaremos GET. La URL obtenida será algo como esto:

```
/operaciones/Sumar/:x/:y
```

Se pulsa sobre *Build* para construir la configuración y a continuación clic derecho en el VI y *Deploy*, que permite que esté disponible desde Internet.

Una vez configurado, podemos acceder a una navegador y escribir la URL precedida del servidor y el puerto.

```
servidor:puerto/operaciones/Sumar/2/7
```

Una vez pulsemos ENTER, la petición será enviada a nuestro Servidor Web. Éste iniciará silenciosamente la ejecución de *Sumar* con los parámetros 2 y 7, escribiendo el resultado 9 tanto en la variable compartida *xMas*y como en la variable *resultado*.

Desde el navegador, podremos ver en la pantalla:

```
{resultado:9}
```

Desde LabVIEW, podremos ver en el VI *MostrarResultado* el valor 9, ya que lo ha leído de la variable compartida *xMas*y.

III.3.3. Implementación

La Microrred genera multitud de datos por segundo y algunos de ellos serán requeridos desde el exterior de cara a tomar decisiones sobre el control de la misma.

Estos datos son generados cada segundo e interesa tener acceso a los actuales, no a datos de históricos. Es por ello que si se sirven en cada momento los datos que se han producido en ese instante, se podrán hacer peticiones del estado actual y real de la Microrred.

Así, se necesitan dos cosas: que los Servicios Websirvan datos actualizados y que desde el exterior se tenga un acceso a ellos de manera instantánea.

Hay datos más sensibles de conocer que otros. Por ejemplo, la temperatura exterior es un dato mucho menos crítico que el estado del inversor híbrido. Así pues, aunque únicamente se tenga un Servicio Web, tendrá distintos métodos según los datos que sirva.

En concreto, se establecen tres:

Datos: En este método se servirán todos los datos de los distintos dispositivos que componen la Microrred y que se generan cada segundo.

Datos de administrador: En este método se servirán los datos que indican el estado del inversor, los buses, así como el estado de la comunicación entre los distintos dispositivos (OK o KO).

Control: Este método se utilizará para realizar el control de la Microrred, por lo cual es el más sensible y deberá estar bajo medidas de seguridad más estrictas.

a. wsData

Este método del Servicio Web sirve los datos menos sensibles y se utilizan para monitorizar la Microrred. Estos datos están en constante cambio e interesa tenerlos totalmente actualizados para lograr que las decisiones tomadas respecto al control de la Microrred sean las correctas.

Se utiliza una petición HTTP con el método *GET* para conseguir los datos. Al no ser datos muy relevantes, esta petición es suficiente.

La petición no tiene parámetros, ya que preguntara siempre por los últimos datos disponibles. Así, como entrada no tendrá parámetros pero en el resultado devolverá todos los datos informativos de los dispositivos que se puedan conocer con los privilegios de usuario. Se puede deducir que las peticiones a este método del Servicios Webse producirán siempre que se esté en la página de monitorización, independientemente del rol del usuario, siempre y cuando esté logueado en la web.

El esquema de la petición es: `ip:puerto\nombreWebService\wsData`

La respuesta se devuelve como JSON, y contiene los siguientes datos:

date: Fecha y hora

SI_P: Potencia del Sistema Inversor (kW)

SI_V1: Voltaje del Sistema Inversor (V)

Red_P: Potencia de la Red (kW)

Red_V1: Voltaje de la Red (V)

Diesel_P: Potencia del grupo Diésel (kW)

Diesel_V1: Voltaje del grupo Diésel (V)
Pbat: Potencia de las Baterias (kW)
Vbat: Voltaje de las Baterias (V)
Ibat: Intensidad de corriente de las Baterias (A)
SOC: SOC (%)
Tra_Bat: Temperatura de las Baterias (°C)
FV_P: Potencia del panel fotovoltaico (kW)
FV_I: Voltaje del panel fotovoltaico (V)
TCelula: Temperatura del panel fotovoltaico (°C)
Aero_P: Potencia del aerogenerador (kW)
Anem1: Velocidad del viento (km/h)
TAmbiente: Temperatura exterior (°C)
CC_V1: Potencia de las cargas criticas (kW)
CC_P: Voltaje de las cargas criticas (V)
CnC_V1: Potencia de las cargas no criticas (kW)
CnC_P: Voltaje de las cargas no criticas (V)
Ultr_P: Potencia del Banco de SCs (kW)
H_P: Potencia del Hidrógeno (kW)

b. wsAdminData

Este método del Servicio Web aporta datos más fundamentales y que un usuario corriente no debería conocer. Son datos correspondientes al estado actual de funcionamiento del inversor híbrido, los buses y el estado de las conexiones entre los dispositivos.

Se utiliza una petición HTTP con el método *GET* para conseguir los datos. Aunque son datos más relevantes, no es información crucial por lo que este método es suficiente. Además, no se va a enviar ninguna información, si no únicamente recibir.

La petición no tiene parámetros, ya que preguntará siempre por los últimos datos disponibles. Esta petición se realizará desde la página de monitorización de la web, siempre y cuando el usuario esté logueado y tenga el rol de administrador.

El esquema de la petición es:

ip:puerto\nombreWebService\wsAdminData

La respuesta se devuelve como JSON, y contiene los siguientes datos:

■ Estados

En esta primera sección de resultados se muestra el estado general de la Microrred. Gracias a estos datos, se puede deducir en qué estado se encuentra el conjunto.

AC_Mode: Estado del inversor de red.

- OFF
- ON (tensión)
- Esperando red auxiliar (tensión)
- Conectado
- Conectado a red ($P = 0$)
- Conectado a red
- Desconectado
- Conectando
- Desconocido

AC_State: Bus AC

- ON
- OFF

DC_State: Bus DC

- ON
- OFF

Estado_Hibrido: Estado de la microrred. Los posibles valores son:

- Estado desconocido
- Híbrido parado
- Híbrido en Modo Tensión
- Diesel Conectado - Híbrido en Modo Corriente
- Conectado a Red - Modo Corriente Manual
- Conectado a Red - Modo Corriente Estrategia
- Híbrido en Modo Tensión - Esperando Red
- Levantando Contactores Red y Diesel
- Estableciendo Híbrido en Modo Tensión
- Conectando Red - Diesel Desconectado
- Conectando Diesel - Red Desconectada
- Estableciendo Híbrido en Modo Corriente
- Parando Híbrido
- Desconectando de red externa

■ Comunicaciones

Las comunicaciones con los distintos dispositivos se marcarán a OK si están correctas y a KO si fallan.

hibrido: Estado de la comunicación con el inversor híbrido

aero: Estado de la comunicación con el analizador de red del aerogenerador

FV: Estado de la comunicación con el analizador de red del panel fotovoltaico

- bat:** Estado de la comunicación con el analizador de red de las baterías
- red:** Estado de la comunicación con el analizador de red de la red
- SI:** Estado de la comunicación con el analizador de red de la salida del inversor
- CC:** Estado de la comunicación con el analizador de red de las cargas críticas
- CnC:** Estado de la comunicación con el analizador de red de las cargas no críticas
- diesel:** Estado de la comunicación con el analizador de red del grupo diésel
- ult:** Estado de la comunicación con el analizador de red del banco de SCs
- H2:** Estado de la comunicación con el analizador de red del hidrógeno

c. ControlWS

Este método del Servicio Web es el más crítico de todos, ya que se encargará de controlar la microrred, cambiando el estado del inversor híbrido.

Se utilizara una petición HTTP con el metodo *POST* para controlar. Este método aporta más seguridad ya que los parámetros se enviarán ocultos en la petición. Esos parámetros serán los encargados de indicar la acción a tomar por el inversor híbrido.

Este método emula al panel frontal que se encuentra en el PC que está conectado al PXi y que se encarga de controlar. Se puede ver en la Figura III.3.3.

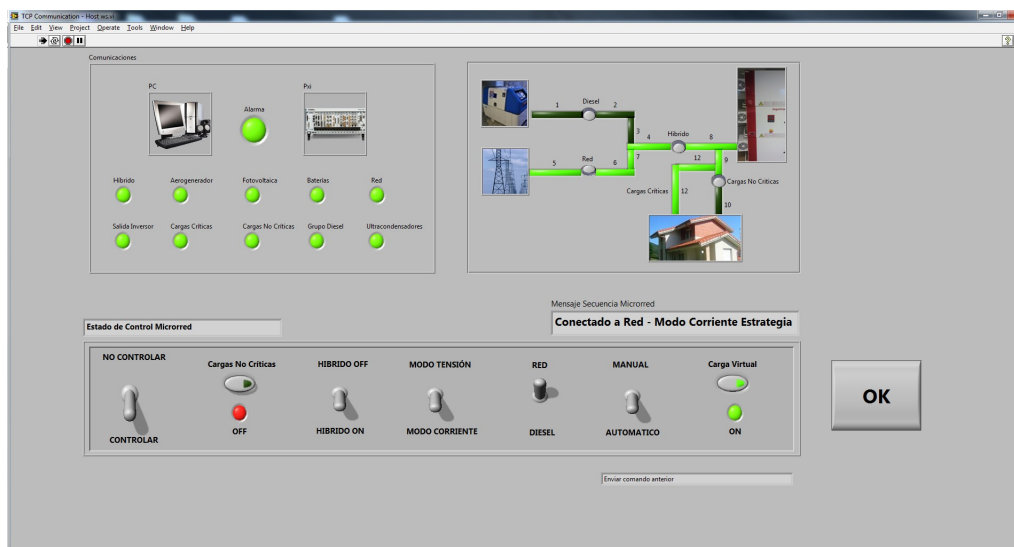


Figura III.3.3: VI Control Microrred

Así, cada uno de los parámetros corresponderá a un control, de manera que se pueda establecer un nuevo valor para cada uno de ellos.

El esquema de la petición es:

`ip:puerto\nombreWebService\ControlWS`

Como parámetro de salida devuelve un mensaje estándar que indica que la petición ha llegado al PC que está conectado al PXi. Orden enviada correctamente.

Los parámetros de entrada son los siguientes:

F_Controlar_si_no: Indica si se desea controlar.

0: Activar

1: Desactivar

F_Cnc: Cargas no criticas

0: OFF

1: ON

F_Hibrido_On_Off: Convertidor

0: ON

1: OFF

F_Red_Aislado: Modo

0: Red

1: Aislado

F_Red_Diesel: Red externa

0: Diésel

1: Red

F_Manual_Estrategia: Consigna de potencia

0: Estrategia

1: Manual

F_Carga_Virtual: Carga virtual

0: OFF

1: ON

F_Diesel_Number_Value: Potencia del diésel (kW)

F_Manual_Number_Value: Potencia de la red (kW)

Capítulo III.4

Página Web

III.4.1. Introducción

Con fin de aportar movilidad a la Microrred, se crea una página web, de manera que los datos que genera puedan ser consultados en cualquier momento y lugar. Así, nunca quedara desatendida, lo que garantizara su buen funcionamiento. Únicamente se debe disponer de un navegador web y conexión a internet, por lo que multitud de dispositivos pueden acceder a ella: PCs, tablets y teléfonos móviles inteligentes.

La web se adapta a tamaño del dispositivo siguiendo el *Responsive Design*, por lo que no hay ningún problema de visualización ni navegación desde ninguno de ellos.

Cuenta con una interfaz sencilla, de manera que la navegación sea intuitiva y se requieran el mínimo número de pasos para realizar las acciones deseadas.

Se tienen dos roles de usuarios: el usuario estándar y el administrador. El usuario estándar únicamente puede visualizar los datos más básicos, en ningún momento podrá tener el control de la Microrred. El usuario administrador, en cambio, si tendrá ese privilegio.

La página web es soportada en la mayoría de los navegadores web más habituales. Versiones recientes de Firefox y Chrome son suficientes, mientras que se necesita un mínimo de Internet Explorer versión 9 para verla, por lo que se recomienda visualizarla con los dos primeros. También está probada para Safari y diversos navegadores móviles, donde, aún cuando puedan apreciarse algunos cambios estéticos, la web funciona correctamente. Las imágenes de la web que se presentan en el documento se han obtenido mediante capturas de pantalla de la web en el navegador *Google Chrome Versión 28.0.1500.95 m*.

La página web implementada esta alojada actualmente en **<http://130.206.173.104/>**. Está alojada en un servidor web de la UPNA.

III.4.2. Seguridad

Se han aplicado conceptos de seguridad de manera que la integridad de la Microrred se mantenga. Hay que tener en cuenta que desde la web se puede controlar todo un sistema

con multitud de dispositivos, y una mala gestión de los mismos puede llevar a su deterioro o destrucción.

Las acciones de control quedan registradas en un archivo de log llamado *actions.log*, con el siguiente formato:

```
[Fecha Hora usuario IP] Acciones de control
```

Por ejemplo:

```
[14/08/2013 11:05:17 admin 127.0.0.1] Controlar: Activar CnC: OFF Convertidor: ON  
Modo: Red Red externa: Red Consigna de potencia: Estrategia Carga virtual: ON Potencia  
del diesel: 0 Potencia de la red: 0
```

Se recomienda encarecidamente seguir las siguientes indicaciones:

■ Contraseñas de administrador

La contraseña de los usuarios administradores debe ser lo suficientemente **seguras**. Las recomendaciones estándar son que la contraseña debe contener letras mayúsculas y minúsculas intercaladas con números y símbolos de puntuación.

Para comprobar la seguridad de una contraseña, se puede acceder a diversas páginas de internet, por ejemplo: <https://howsecureismypassword.net/>.

■ Cambio de la contraseña

Las contraseñas de los administradores deben cambiar con asiduidad. Cambiar la contraseña con una frecuencia mensual debería ser suficiente.

■ Proteger los administradores

No se deben proporcionar contraseñas de administrador a usuarios no habituales o permanentes de la Microrred. Para mostrar el funcionamiento de la web se cuenta con el rol de usuario. Ofrecer las contraseñas de administrador es potencialmente peligroso para la integridad del sistema.

■ Datos navegador web

Al intentar acceder a la página web, los navegadores web suelen preguntar si se desea almacenar la contraseña. Aunque resulte cómodo, no se recomienda esta opción para las cuentas de administrador.

III.4.3. Tecnologías

La principal característica de la web es ser responsiva, es decir, que se adapte a la pantalla de los distintos dispositivos desde los que se acceda. Esto se conoce como *Responsive Design* y utiliza las últimas tecnologías existentes.

III.4.3.1. HTML 5

HTML es un lenguaje de marcado utilizado para la elaboración de páginas web. Su último estándar en proceso, HTML 5, fue desarrollado por W3C¹ al unirse al proyecto WHATWG.

Esta última versión aporta nuevos elementos, como la posibilidad de realizar gráficos en 2D y 3D, mejor soporte de vídeo y audio y, en definitiva, convierte el proceso de crear aplicaciones web en algo más sencillo y poderoso.

III.4.3.2. CSS 3

CSS controla los estilos de una página web: colores, formatos, fuentes, etc. La versión 3 de CSS va de la mano con HTML 5, y es el que hace posible que las webs tengan un diseño fluido para que se adapten a distintos tamaños.

III.4.3.3. PHP

PHP es un lenguaje de programación para la parte del servidor. Es un código que se añade con el HTML pero que no se llega a apreciar, ya que el navegador lo interpreta para producir la página web final. Mediante este código se realizan las conexiones con las bases de datos, peticiones de datos, etc.

III.4.3.4. JAVASCRIPT / AJAX / JQUERY

Javascript es un lenguaje interpretado que se une a HTML y consigue el dinamismo de las páginas web. Gracias a esta tecnología, no hace falta recargar una página para cambiar los datos que aparecen en ella. Ajax está basado en Javascript pero al ser asíncrono aporta más utilidades.

jQuery es una librería escrita en Javascript extremadamente ligera y sencilla de utilizar. Utilizándolo, prácticamente no se necesita código Javascript o Ajax puro, ya que esta librería contiene métodos para realizar todo ello.

III.4.3.5. UTILIDADES

a. Vendor

Se ha partido de una plantilla ya pre-hecha. La razón de ello ha sido el no conocimiento de las tecnologías responsivas. Esta plantilla aporta las medidas en las cuales se presupone que se cambia de dispositivo, de manera que cambie la apariencia. También incluye la definición de la cabecera y el pie de página.

Está bajo una licencia que permite su libre uso y modificación, por lo que, aunque se han aprovechado alguna de sus características, difiere mucho de la plantilla original.

¹<http://www.w3.org/>

Gracias a esta plantilla, el acercamiento inicial a estas tecnologías fue mucho más sencillo y se ha logrado una comprensión total de dicha plantilla, de manera que sería posible reproducirla.

b. Messi

Messi² es un plugin escrito en jQuery para mostrar mensajes de notificación. Los mensajes de error y confirmación de la página están realizados gracias a este plugin, que el autor distribuye libremente y permite su utilización. No se ha modificado nada en este plugin, simplemente se ha utilizado como herramienta de apoyo, ya que realizar un sistema de notificaciones no era el objetivo del proyecto.

c. Nivo Slider

Nivo Slider³ se ha utilizado para el slider de la página de login, de manera que se muestren todas las imágenes. El autor cede el código gratuitamente para su uso, y únicamente ha habido que insertarlo en la web y seleccionar las imágenes. Como en el caso anterior, se ha utilizado porque no se considera la necesidad de realizar uno propio, dada la poca relevancia que eso supondría en el proyecto. Además, es responsivo, así que se adaptará de tamaño junto con la web.

III.4.4. Implementación

III.4.4.1. ESTRUCTURA

La estructura básica de la página es la siguiente.

- Login
- Índice
- Info
- Admin

Como ya se ha explicado, se cuenta con usuarios con dos niveles de privilegios: usuarios estándar y administradores.

Los usuarios estándar ingresan desde la página de login al índice, y ahí ven una cantidad de información limitada. Desde ahí pueden acceder a la página de información Info.

Los usuarios administradores también ingresan desde la página de login al índice, pero ven todos los datos sin restricciones, además de una sección de control. Desde ahí pueden igualmente acceder a la página de información, o también acceder a la página de administración de usuario (Admin).

²<http://marcosesperon.es/apps/messi/>

³<http://dev7studios.com/nivo-slider/>

La página tiene tres modos de visualización según los dispositivos que accedan:

Wide: está asociado a todos los dispositivos cuya pantalla tenga un mínimo de 840px. Es decir, si se accede desde un navegador web en un PC, este será el tamaño que se aplique. Los elementos intentan aprovechar el ancho de la pantalla y se aprovecha el gran tamaño para que los menús aparezcan más juntos.

Intermediate: está asociado a todos los dispositivos cuya pantalla tenga entre 480px y 840px. Esto incluye las tablets, aunque muchos smartphones en posición vertical adquirirán también este tamaño. Los elementos se distribuyen algo más dispersos.

Mobile: está asociado a todos los dispositivos con una pantalla menor de 480px. Esto, como su nombre indica, aplicará a los teléfonos inteligentes que accedan a la página. Los elementos se encuentran muy dispersos y los menús son muy grandes, ocupando el ancho de la pantalla, para que la navegación sea óptima.

A continuación se detallarán todos los apartados.

III.4.4.2. LOGIN

Se pueden ver los distintos aspectos de la pantalla inicial de la web en las Figuras III.4.1, III.4.2 y III.4.3, que se corresponden con los tamaños ancho, medio y móvil.

Microrred UPNA



Figura III.4.1: Página de login Ancho

La parte superior es la cabecera, que es compartida en toda la web. Como título, aparece *Microrred UPNA*, de manera que sea lo suficientemente descriptivo pero a la vez breve y sencillo, como se pretende que sea toda la web.

El cuerpo de la web estará enmarcado en todo momento en una columna con sombreado lateral. Esto provoca que el usuario centre su atención en la parte central de la pantalla, creando una imagen muy limpia.

En este cuerpo aparece un slider, que es una ventana en la cual van cambiando las imágenes. Actualmente cuenta con 12 instantáneas de diversos dispositivos de la Microrred. Las imágenes cambian automáticamente usando efectos elegidos aleatoriamente en cada cambio. Se pueden cambiar manualmente mediante los puntos que aparecen debajo del slider. También, al colocar el ratón sobre el slider, aparecen unas flechas en los laterales para cambiar a la inmediata anterior y siguiente.

Después está el formulario de login. Una vez rellenado el usuario y contraseña, se pulsa el botón *Enviar* y será redireccionado a la siguiente página, la principal (Índice). En caso de introducir datos erróneos aparece un cuadro de alerta avisándolo.

El pie de página también es compartido entre la página web. Muestra la compatibilidad de la página con los principales navegadores y un texto que hace referencia a los proyectos en los cuales se enmarca la web:

La creación de la microrred mixta de la UPNA está enmarcada dentro del proyecto “Diseño, desarrollo e implantación de microrredes en Navarra”, cofinanciado por la Unión Europea a través de los Fondos FEDER dentro del Programa Operativo DOCUP 2007–2013. Asimismo, está apoyada por el Ministerio de Economía y Competitividad mediante los proyectos DPI2009–14713–C03–01 y DPI2010–21671–C02–01.

También aparecen los iconos de las entidades participantes en el proyecto.

III.4.4.3. ÍNDICE

En esta página se produce la monitorización y el control de la Microrred. Se ofrecen los datos suficientes para llevar a cabo la toma de decisión en cuanto a su control. Estos datos se actualizan automáticamente con una frecuencia de un segundo.

Se ve de distinta manera según el rol de usuario: estándar o administrador.

Sin embargo, hay elementos comunes a ambos, como puede ser la cabecera, los elementos de monitorización (apartado *Monitorización*) y el pie de página.

En cuanto a la monitorización, gracias al indicativo de fecha y hora, se puede comprobar que son datos en tiempo real del sistema.

Los dispositivos aparecen ordenados de manera lógica, ya que los más prioritarios aparecen en la primera fila. Siempre se muestra primero el dato de Potencia, después el de Voltaje y a continuación el resto de medidas que pudiera haber.

En la vista ancha aparecen hasta cuatro dispositivos por fila. En la intermedia, éste número se reduce a dos, de manera que estén más espaciados. En la vista móvil se indica un único dispositivo por fila, además de que se elimina la sombra vertical que delimita la columna central, de manera que la vista móvil sea lo más limpia posible.

También cambia el menú de la cabecera. En la vista ancha se agrupan los botones cuadrados a la derecha, dejando el título a la izquierda. En la vista intermedia ya aparecen a la izquierda, a la vez que el título, por ser más accesible en una pantalla más pequeña. En la vista móvil cada opción del menú ocupa todo el ancho de manera que se facilite su utilización desde dispositivos pequeños.

a. *Usuario estándar*

Se pueden ver los distintos aspectos de la pantalla principal en vista de usuario estándar en las Figuras III.4.4, III.4.5 y III.4.6, que se corresponden con los tamaños ancho, medio y móvil.

Siendo un usuario estándar, se pueden ver los datos suficientes para monitorizar la Microrred. Esto incluye los datos más relevantes de cada uno de los dispositivos.

El menú de arriba únicamente tendrá las opciones de llegar a la página de información(Info) o de salir de la página.

b. *Usuario administrador*

Se pueden ver los distintos aspectos de la pantalla principal en vista de usuario administrador en las Figuras III.4.7, III.4.8 y III.4.9, que se corresponden con los tamaños ancho, medio y móvil.

En esta vista se lleva a cabo una monitorización más exhaustiva, ya que además de los datos de los dispositivos, aparecen reflejados los estados de la Microrred y los buses en el apartado *Estados*.

En el apartado *Comunicaciones* se puede ver el estado de las comunicaciones entre los dispositivos. Aparecerá un tick verde si la comunicación es correcta y una cruz roja si la comunicación está fallando.

En el apartado *Control* se lleva a cabo el control de la Microrred. Este mando de control emula al control que se puede realizar desde el PC que está conectado a la Microrred, de manera que se comporta del mismo modo. Así, se seleccionarán con los botones las opciones deseadas y al pulsar enviar se mandará la petición al PC para que cambie de estado, utilizando los Servicios Web. Cuando se pulsa *Enviar*, se refresca la página y debajo del botón enviar aparece un mensaje con el último envío de control, siguiendo el patrón:

Último envío de control: d/m/Y H:mm:ss.

En el menú de la cabecera se puede acceder a la página de información (Info), a la administración de usuarios (Admin) y salir de la página (Salir).

■ **Peticiones a los Servicios Web**

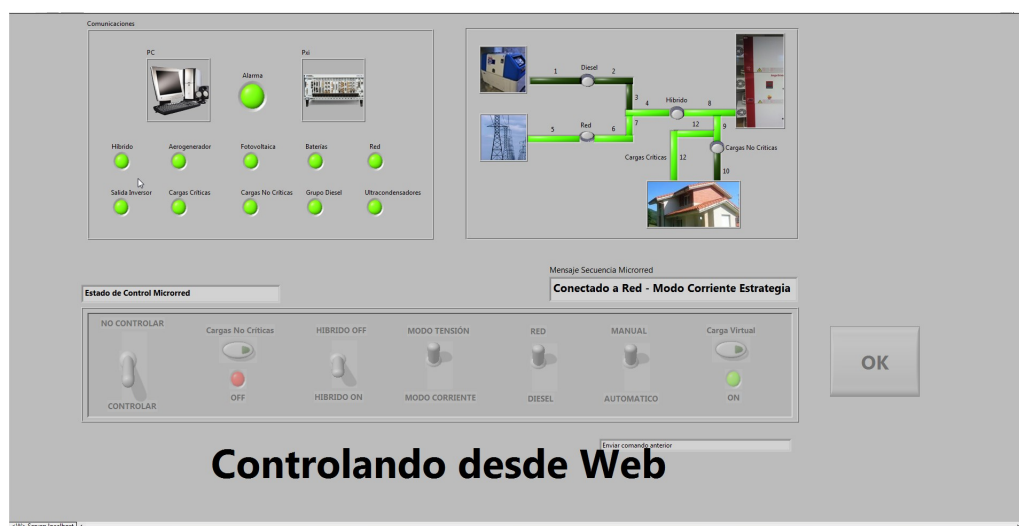
Los datos se actualizan automáticamente gracias a las peticiones a los Servicios Web, explicados en la sección III.3.1.

Al acceder a la página principal que muestra los datos, se inician las peticiones automáticamente, dependiendo del rol del usuario.

Si es un usuario estándar, se inician peticiones al servicio web con los datos básicos (*ws-Data*). Estas peticiones se realizarán con una frecuencia de 1 segundo indefinidamente, siempre que permanezcamos en esa página.

Si se accede con el rol de administrador, se realizarán dos peticiones por segundo, una a los datos básico, igual que el usuario estándar, y otra a los datos más avanzados, reservados únicamente para el administrador. Estos datos avanzados son los correspondientes a la secciones de *Estados* y *Comunicaciones*.

El usuario administrador también es capaz de ver la sección de *Control*, que es desde la que se puede realizar el control de la Microrred. Al pulsar enviar, se envía una petición al tercer Servicio Web que se creó, que se encargará de ordenar a la Microrred que cambie al estado que se haya seleccionado en la Web. Mientras el estado cambia, en el VI del PC el panel de control se pone a gris y deshabilitado durante 2 segundos, además de mostrar el mensaje *Controlando desde Web*, como se puede ver en la Figura siguiente.



III.4.4.4. INFO

Se pueden ver los distintos aspectos de la pantalla de información en las Figuras III.4.10, III.4.11 y III.4.12, que se corresponden con los tamaños ancho, medio y móvil.

En esta página se obtiene información general de la Microrred y la página Web.

III.4.4.5. ADMIN

Se pueden ver los distintos aspectos de la pantalla de administración en las Figuras III.4.13, III.4.14 y III.4.15, que se corresponden con los tamaños ancho, medio y móvil.

La sección de administración solo puede ser accedida por un usuario administrador. Lo primero que se ve es un cuadro con la información de los usuarios disponibles. Se tiene su nombre y su rol, ya que al lado de cada nombre aparece una imagen representativa de un administrador (ver Figura III.4.17) o de un usuario estándar (ver Figura III.4.16).

Microrred UPNA



Usuario:

Contraseña:

Entrar

Optimizado para Chrome, Firefox, e Internet Explorer 9+

La creación de la microrred mixta de la UPNA está enmarcada dentro del proyecto "Diseño, desarrollo e implantación de microrredes en Navarra", cofinanciado por la Unión Europea a través de los Fondos FEDER dentro del Programa Operativo DOCUP 2007-2013. Asimismo, está apoyada por el Ministerio de Economía y Competitividad mediante los proyectos DPI2009-14713-C03-01 y DPI2010-21671-C02-01.



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



Gobierno
de Navarra



Figura III.4.2: Página de login Medio

Microrred UPNA



Usuario:

Contraseña:

Entrar

Optimizado para Chrome, Firefox, e Internet Explorer 9+



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



Gobierno

Figura III.4.3: Página de login Móvil

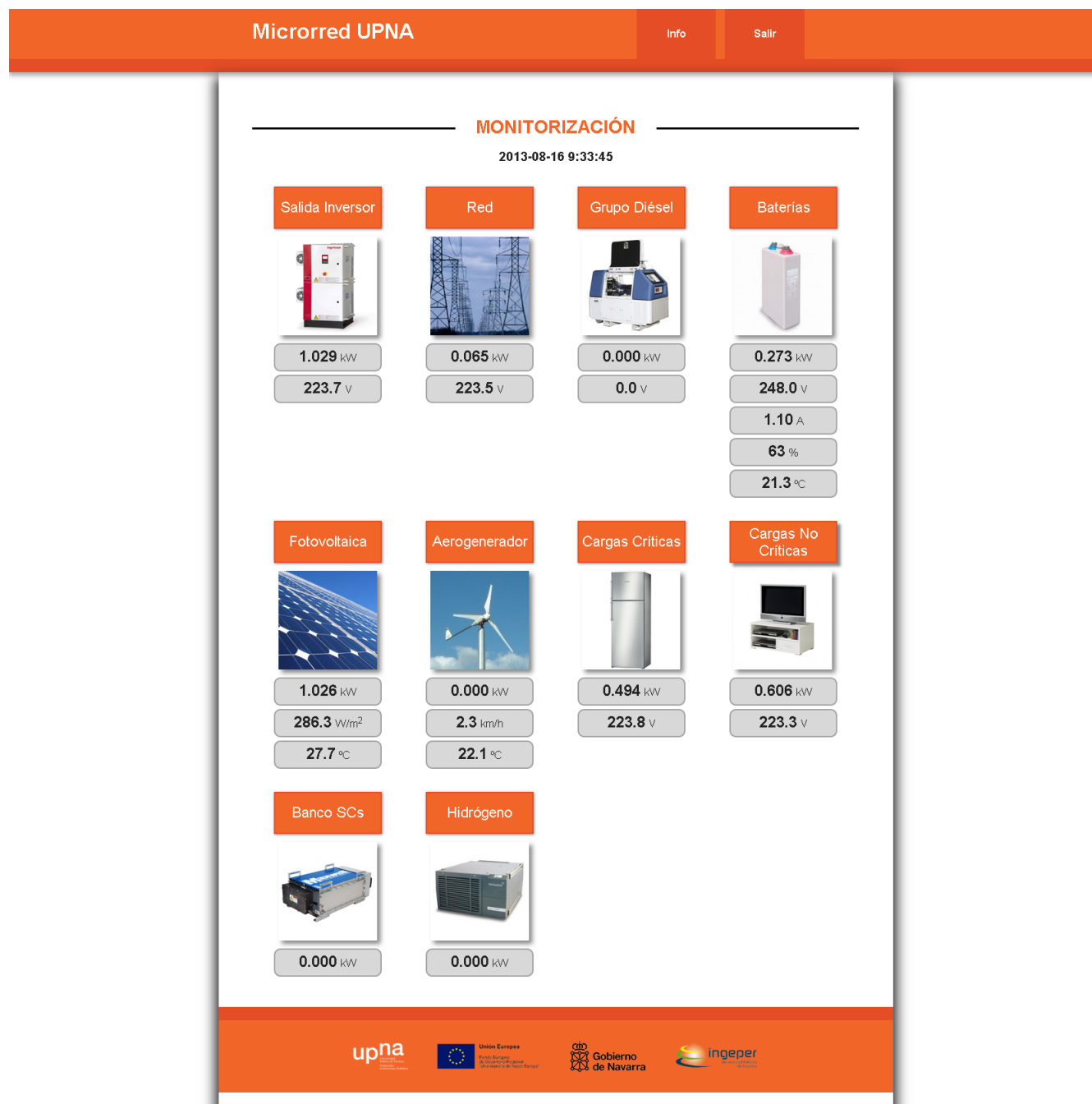


Figura III.4.4: Página principal usuario Ancho

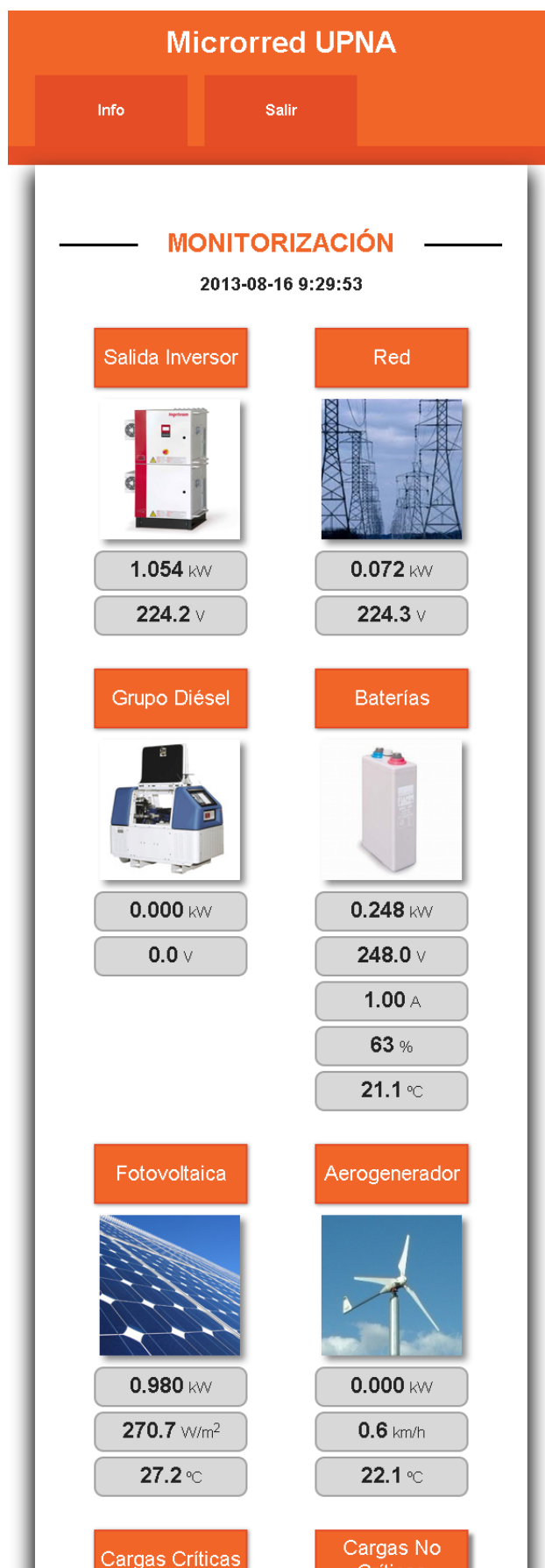


Figura III.4.5: Página principal usuario Medio



Figura III.4.6: Página principal usuario Móvil

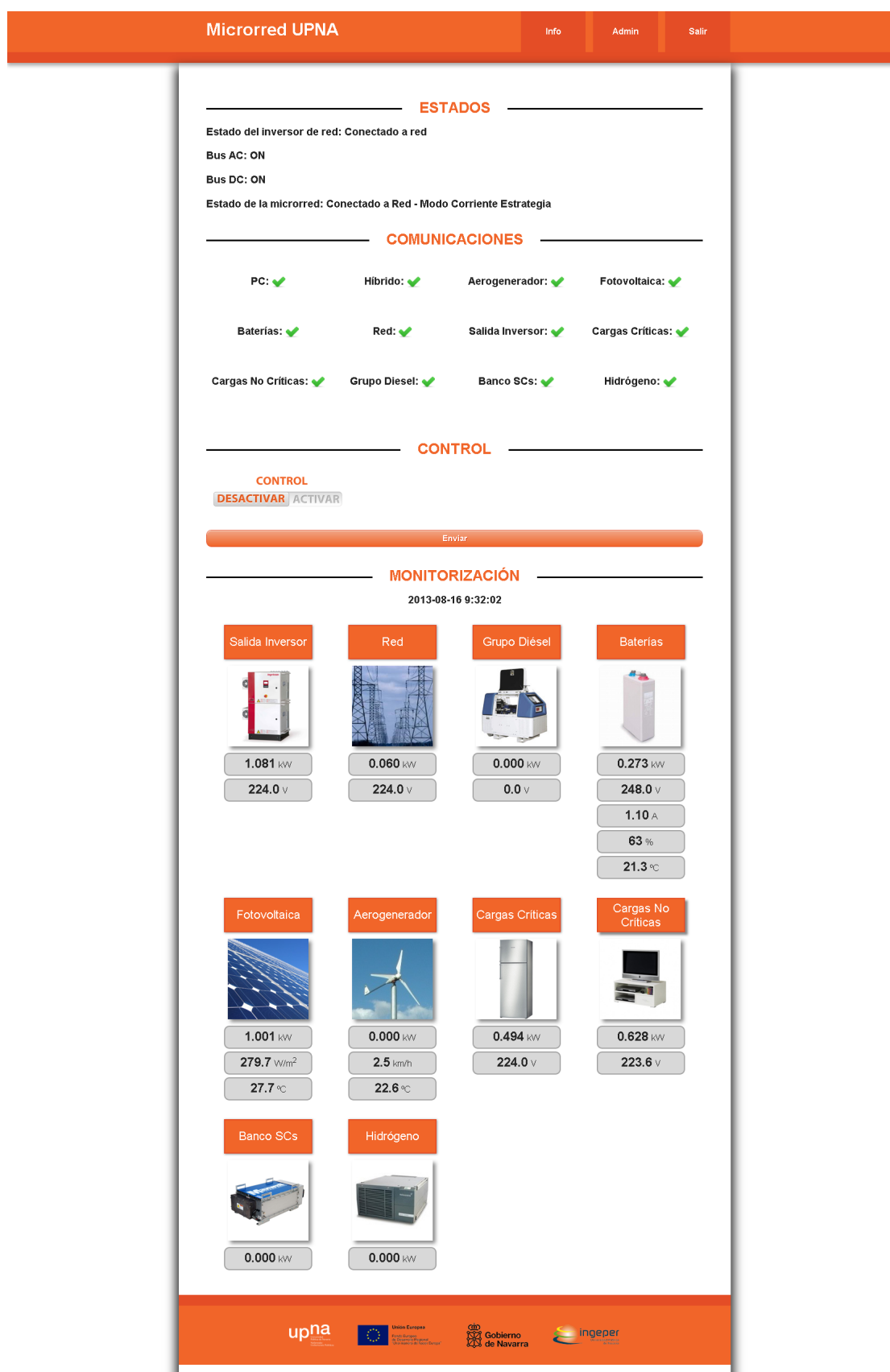


Figura III.4.7: Página principal administrador Ancho

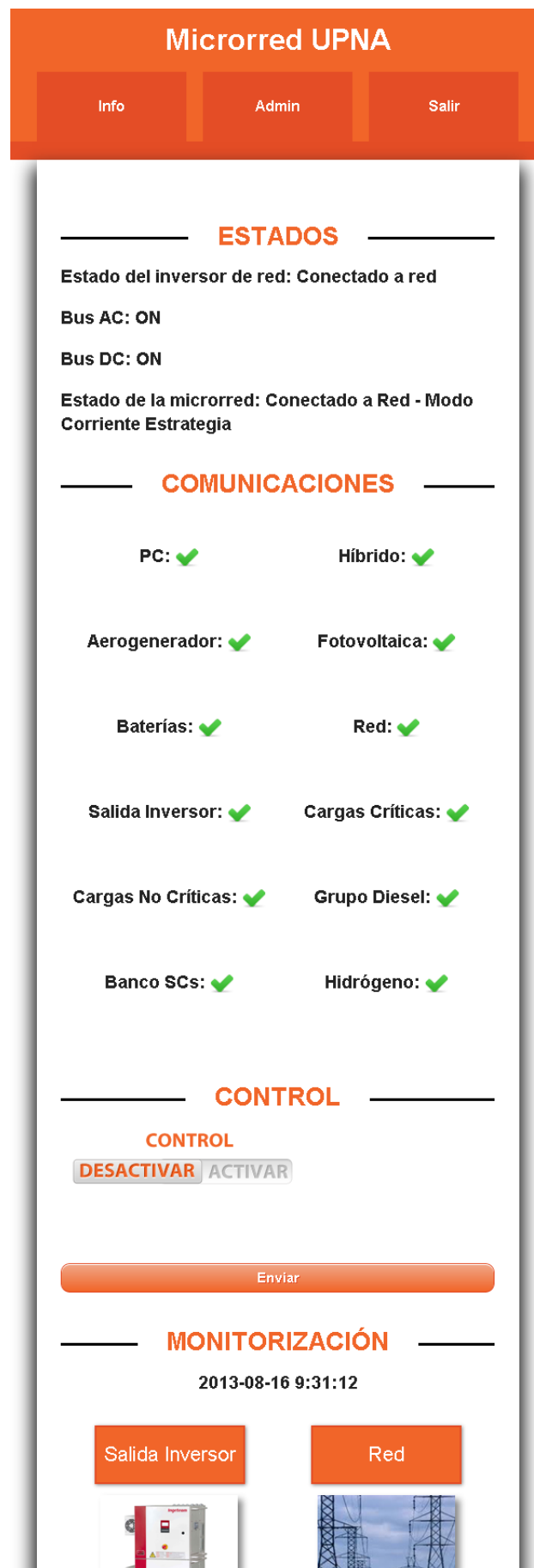


Figura III.4.8: Página principal administrador Medio

Microrred UPNA

Info

Admin

Salir

ESTADOS

Estado del inversor de red:
Conectado a red

Bus AC: ON

Bus DC: ON

Estado de la microrred:
Conectado a Red - Modo Corriente
Estrategia

COMUNICACIONES

PC: ✓

Híbrido: ✓

Aerogenerador: ✓

Fotovoltaica: ✓

Baterías: ✓

Red: ✓

Salida Inversor: ✓

Cargas Críticas: ✓

Cargas No Críticas: ✓

Grupo Diesel: ✓

Banco SCs: ✓

Hidrógeno: ✓

CONTROL

CONTROL

DESACTIVAR ACTIVAR

Enviar

MONITORIZACIÓN

2013-08-16 9:31:47

Figura III.4.9: Página principal administrador Móvil

Microrred UPNA

Volver

Admin

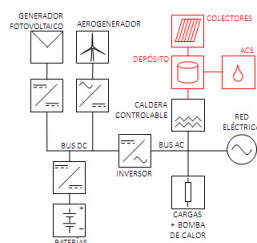
Salir

Descripción de la Microrred

La microrred desarrollada en el Laboratorio de Energías Renovables de la UPNA, permite el estudio de la integración de energías renovables en los puntos de consumo del sistema eléctrico. Mediante estrategias de gestión energética y utilizando distintas tecnologías de almacenamiento y cargas gestionables se consiguen atenuar los picos y fluctuaciones de la potencia intercambiada con la red permitiendo así una mayor integración de las energías renovables en el sistema.

Esta microrred combina la generación renovable, con distintos medios de almacenamiento y una carga electrónica capaz de reproducir cualquier perfil de consumo, mediante una consigna que puede ser pre-programada y modificada en tiempo real, permitiendo la emulación simultánea de perfiles de potencia típicos y cargas gestionables. Todos los elementos de potencia están conectados mediante el convertidor de potencia INGECON HYBRID MS de INGETEAM, y controlados a través de un sistema de monitorización y control diseñado ad-hoc en la UPNA. Este sistema ha sido complementado mediante la presente página web la cual permite la monitorización y control de los elementos más críticos desde cualquier lugar en cualquier momento.

La modularidad de la microrred permite emular distintos escenarios. Actualmente la configuración corresponde a la de una vivienda unifamiliar provista de generación renovable, en la que se combina el sistema eléctrico con el de agua caliente sanitaria resultando en una microrred electro térmica. Esto permite utilizar la cadera eléctrica como una carga gestionable y el tanque de agua caliente como una unidad de almacenamiento energético adicional. La calefacción y aire acondicionado se suponen mediante bomba de calor con lo cual todo el consumo energético de la vivienda queda reflejado. El esquema del sistema se representa en la figura.



Descripción de la web

La página web permite monitorizar y controlar en todo momento la microrred. Ha sido desarrollada completamente con HTML, CSS, JQuery y PHP, por lo que es posible acceder a ella desde cualquier navegador web, sin necesidad de ningún plugin.

Se ha seguido el diseño web responsivo (Responsive Web Design), de modo que se adapta al tamaño de los distintos dispositivos desde los que se pueda acceder: PCs, móviles y tablets. El aspecto cambia para cada uno de ellos para que la visualización y la navegación sea la óptima en cada caso. Esto cumple el requisito de movilidad, ya que permite el control desde cualquier dispositivo que disponga de conexión a internet y navegador web.

Cuenta con diversos criterios de seguridad implantados para evitar el control no autorizado de la microrred. El más básico se trata de un sistema de permisos de usuarios, de modo que existan unos que únicamente puedan monitorizar el funcionamiento y otros que además puedan controlarlo.

La comunicación con la microrred se da a partir de Servicios Web de tipo REST. Así, la microrred ofrece en todo momento esos datos y es la página web la que realiza peticiones para obtenerlos, permitiéndonos disponer en la Web de los datos más actualizados, ayudando así a la toma de decisión sobre el control. Dicho control también se consigue con Servicios Web del mismo tipo. El esquema del funcionamiento se presenta en la siguiente figura.

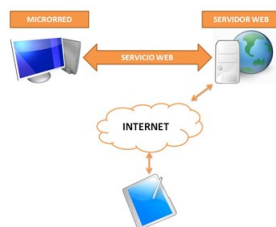


Figura III.4.10: Página de info Ancho

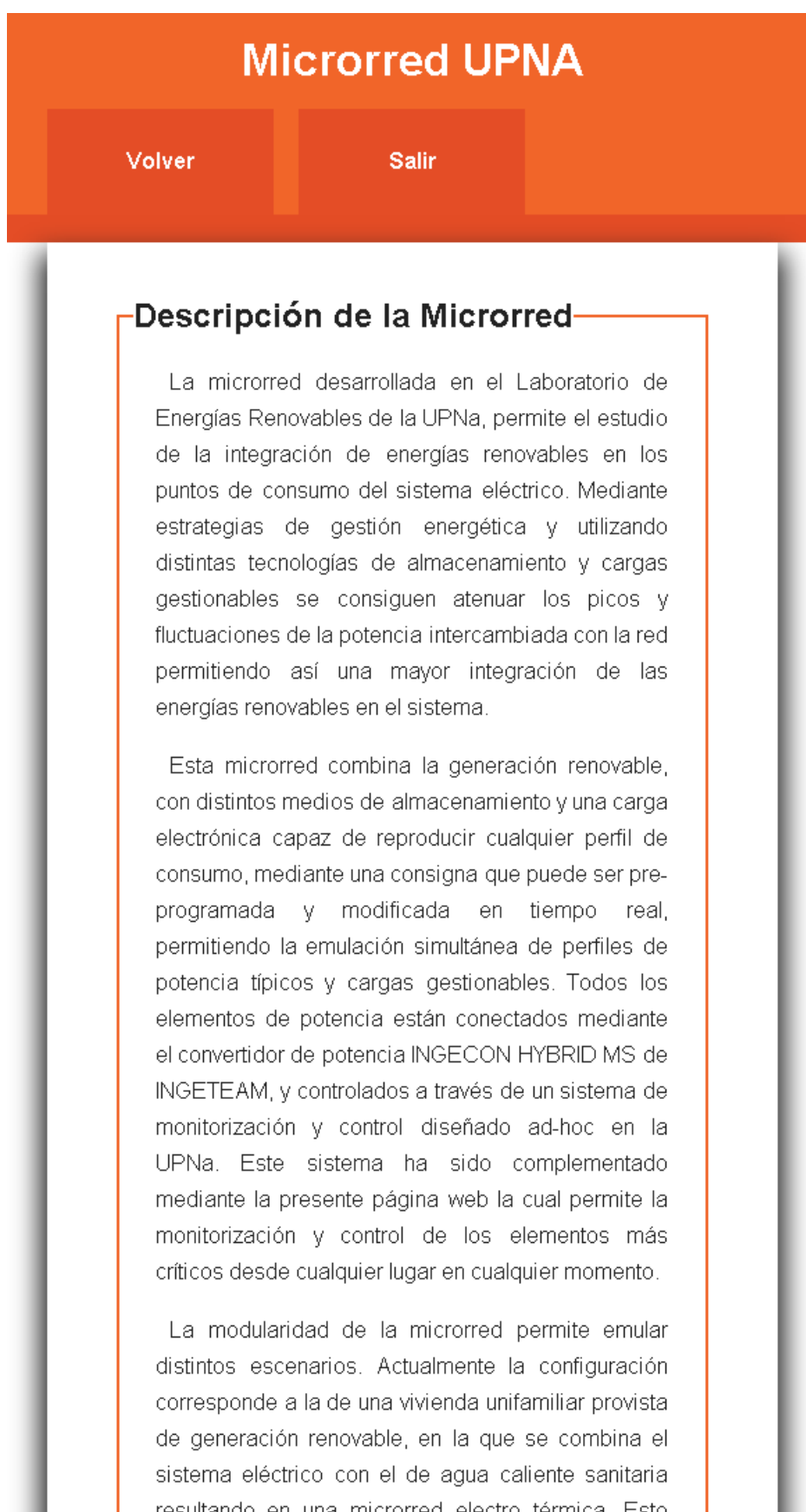
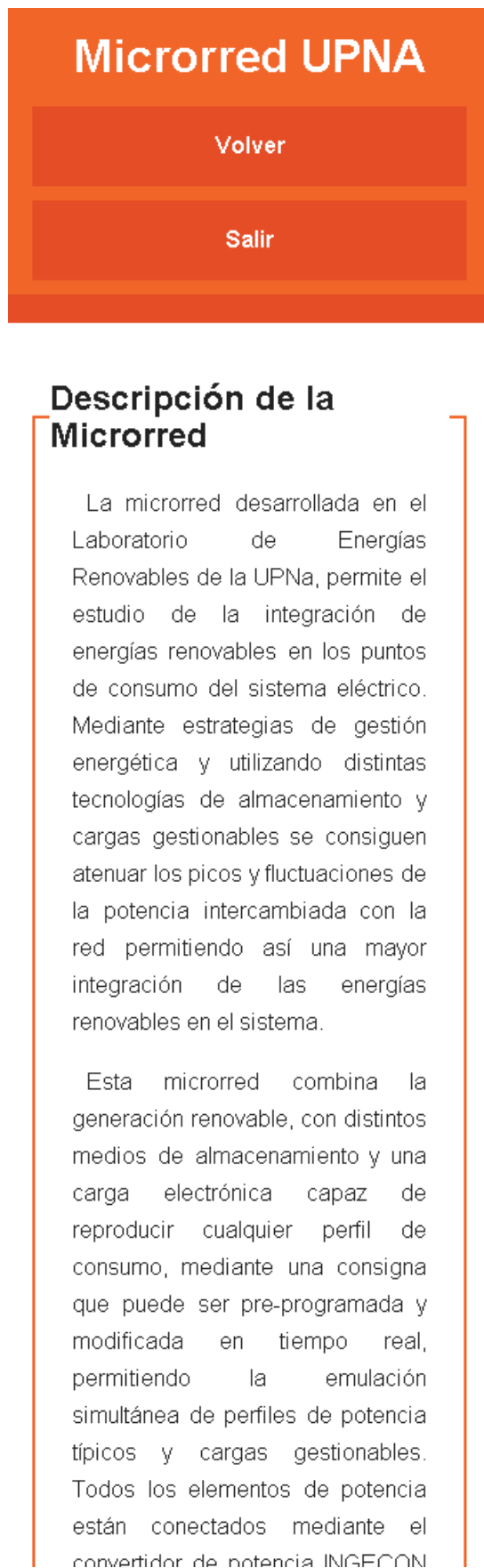


Figura III.4.11: Página de info Medio








**Figura III.4.12:** Página de info Móvil

Administración de usuarios

Volver

Salir

Lista de usuarios

 admin	
 foo	
 Julio	
 user	

Nuevo usuario

Usuario:


Contraseña:


Repite la contraseña:


Permisos:

Usuario

Registrar

 **upna**
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitatea

 Union Europea
Erakunde Europar
El Nazioarteko
Batzarria

 Gobierno
de Navarra


 ingeper
Ingeniería
de Proyectos


Figura III.4.13: Página de admin Ancho

Administración de usuarios

Volver

Salir

Lista de usuarios

 admin	
 foo	
 Julio	
 user	

Nuevo usuario

Usuario:

Contraseña:

Repite la contraseña:


Permisos:

Usuario

Registrar


Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitatea


Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"


Gobierno
de Navarra


Ingeper
Ingeniería Técnica
de Navarra

Figura III.4.14: Página de admin Medio

Administración de usuarios

Volver

Salir

Lista de usuarios

 admin	
 foo	
 Julio	
 user	

Nuevo usuario

Usuario:

Contraseña:

Repite la contraseña:

Permisos:

Usuario 

Registrar


Universidad Pública de Navarra
Unibertsitatea Publikoa Nafarroako
Unibertsitatea Publikoa


Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"


Gobierno de Navarra


Ingeper
Instituto Tecnológico de Navarra

Figura III.4.15: Página de admin Móvil



Figura III.4.16: Usuario estándar



Figura III.4.17: Usuario administrador

Capítulo III.5

Manual de usuario

Si se añadiera un nuevo dispositivo a la Microrred, sería necesario hacer algún cambio para que quedase reflejado correctamente. Este apartado pretende ser una guía a seguir para cuando suceda. Toda la implementación se ha desarrollado buscando la claridad y sencillez, de modo que el código pueda ser entendido por otra persona que se dispusiera a cambiarlo.

De todos modos, aún sin tener conocimientos amplios de programación, esta guía es perfectamente posible abordar esta guía con éxito.

Para añadir un nuevo dispositivo o un nuevo dato, se necesita por un lado, que ese dato se ofrezca en el servicio web, y por otro, que la página web sea capaz de leerlo y mostrarlo.

III.5.1. Servicio Web

Dependiendo de la prioridad del dato, se podría alojar en uno de los dos Servicios Web: wsData para datos accesibles por cualquier usuario y wsAdminData para datos que solo vayan a ser accedidos por el administrador.

Se va a suponer que el dato que se va a añadir es un nuevo dato de uno de los dispositivos existentes, que se muestra en la parte de *Monitorización* de la web, y, por tanto, corresponde al grupo de datos menos sensibles, en wsData.

Accedemos al VI del Servicio Web en el proyecto: wsData.vi. El panel frontal se puede ver en la Figura III.5.1 y el diagrama de bloques en la Figura III.5.2.

Para añadir un nuevo dato, consultamos su número en la tabla. Suponiendo que queremos añadir el dato del segundo anemómetro (número 117), añadiríamos una nueva entrada con ese número para que produzca una salida del array del dato que queremos, el cual almacenamos en un indicador Double y lo unimos como salida en el conector. Hay que darle un nombre identificativo al indicador y recordarlo, ya que lo usaremos más adelante. Por ahora se supondrá que se la dado como nombre *Anem2*. Los cambios se pueden ver en la Figura III.5.3.

dataArray		time	FV_P	
date	0	0	0	0
Red_V1	0	0	0	0
H_P	0	0	0	0
Vbat	0	0	0	0
Red_P	0	0	0	0
Diesel_V1	0	0	0	0
CnC_P	0	0	0	0
Ibat	0	0	0	0
Pbat	0	0	0	0
Diesel_P	0	0	0	0
CnC_V1	0	0	0	0
Ultr_P	0	0	0	0
SOC	0	0	0	0
CC_P	0	0	0	0
SI_V1	0	0	0	0
SI_P	0	0	0	0
Aero_P	0	0	0	0
CC_V1	0	0	0	0
Anem1	0	0	0	0
FV_I	0	0	0	0
Tra_Bat	0	0	0	0
TCelula	0	0	0	0
TAmbiente	0	0	0	0

Figura III.5.1: Panel frontal wsData

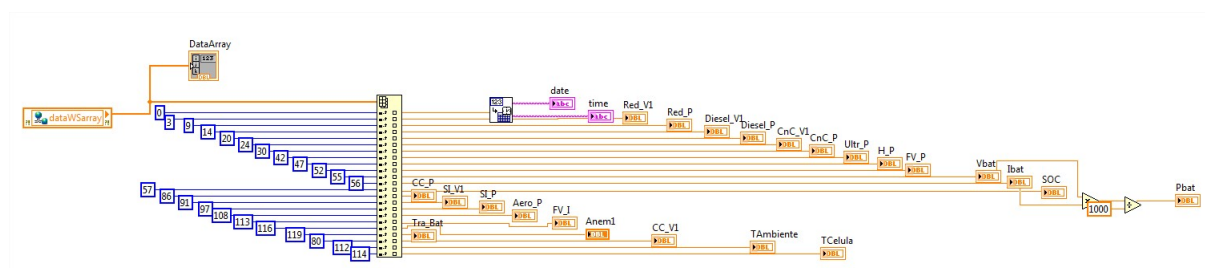


Figura III.5.2: Diagrama de bloques wsData

Una vez modificado, se accede en el proyecto de LabVIEWa la sección *Build Specifications* y clic derecho en el Web Service creado para acceder a su configuración.

En la segunda opción(*Source Files*) tenemos que seleccionar wsData de la derecha, usar la flecha a la izquierda para eliminarlo de esa sección y después volver a seleccionarlo, en este caso de la columna del centro, y usando la flecha de la derecha llevarlo de nuevo con el resto de VIs que hacen de servicios. Al hacer ésto, aparecerá una ventana emergente, donde únicamente hay que cambiar el modo de salida a JSON.

A continuación, se pulsa en *Build*. Se hace clic derecho en el servicio para pulsar *Deploy* y con eso ya está listo.

Se pueden ver imágenes de la secuencia de acciones a seguir en la Figuras III.5.4, III.5.5, III.5.6 y III.5.7.

III.5.2. Página Web

Ahora que ya se tiene el nuevo dato publicado en la red gracias al Servicio Web, cuando hagamos una petición, tendremos como respuesta también ese dato, por lo que las peticiones no cambian. Únicamente, al recibir la petición, deberemos recogerlo como los demás datos y escribirlo en su sitio en la página.

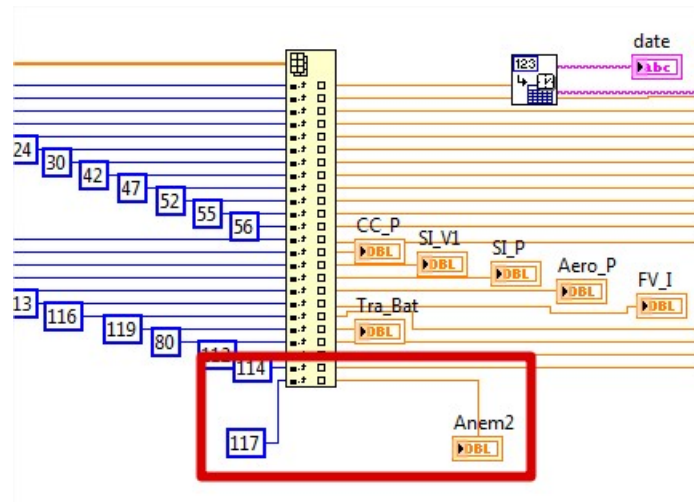


Figura III.5.3: Diagrama de bloques wsData modificado

III.5.2.1. HTML

Lo primero que hay que hacer es un lugar en la página para nuestro nuevo dato. Puede que sea un dato de un dispositivo que ya existe o un dato de un dispositivo nuevo. En ambos casos hay que editar el código de *index.php*. Se recomienda utilizar algún editor de textos para código, como *Notepad++*¹, que se puede descargar gratuitamente desde la web. Este editor reconocer automáticamente el lenguaje y usa colores para identificar los elementos del mismo. Si no lo ha detectado automáticamente, desde la barra de herramientas / Lenguaje, se debería seleccionar HTML, en este caso.

Si vemos el código HTML de *index.php*, se puede apreciar que cada elemento corresponde con el código mostrado en la Figura III.5.8

a. Dato de dispositivo existente

Para añadir un dato al dispositivo simplemente tendríamos que añadir otra línea del div con clase *value*, ya que es el que corresponde al cuadro con datos.

Se copia la línea debajo del último div de ese tipo en ese elemento, en el caso que queramos colocar el datos en último lugar. Se debe establecer un nuevo id, que debe ser único. Se ha seguido la nomenclatura *tagDispositivoDato*, así, *tagAeroP* corresponde a la potencia del aerogenerador. También hay que cambiar la unidad en la que se expresa el dato, que se encuentra dentro del *span udT*.

Con esto ya estaría el código completo, como se puede ver en la Figura III.5.9.

b. Dato de nuevo dispositivo

Para añadir el dato de un nuevo dispositivo, habría que copiar todo el código de la Figura III.5.8 y ubicarlo en la posición donde queramos que aparezca el nuevo dispositivo. Si queremos añadirlo al final, será después de que termine el div del último elemento.

¹<http://notepad-plus-plus.org/>

Ahora, se modifica del código:

Título: Nombre en letra negra del div `recTitle`. En este caso cambiaríamos *Aerogenerador* por el nuevo.

Valor: Si solo estamos añadiendo un dato, únicamente se necesita un div *value*. En él, habría que aplicar los mismos cambios que en el apartado inmediato anterior.

III.5.2.2. JAVASCRIPT

Ahora que hay sitio para el nuevo dato, se debe escribir la respuesta del Servicio Web en ese hueco. Para ello, hay que recordar el id que se le ha asignado al div *value*.

En la carpeta js, hay que abrir el código de *jsFunctions.js*.

Si el dato lo hemos añadido al Servicio Web *wsData*, ahora hay que centrarse en la función *requestFunction*. Si lo hemos añadido a *wsAdminData*, hay que fijarse en la función *adminRequestFunction*.

Suponiendo que el dato lo hemos añadido al primer Servicio Web, la función a modificar va a ser la de *requestFunction*.

Hay que recordar ahora los dos identificadores que hemos establecido: el nombre del indicador del VI y el nombre del div del HTML.

Se supone que el indicador se llamaba *Aero2* y el div *tagAeroAnem2*.

Únicamente se debe copiar una de las líneas en las que se asignan los datos y pegarla al final de las demás, haciendo las siguientes modificaciones:

Identificador HTML: el primer identificador que aparece es el del HTML. Tendrá la forma *tagDispositivoElemento* y en este caso se cambia por *tagAeroAnem2*, ya que es el nombre de nuestro nuevo div.

Identificador Servicio Web: este identificador corresponde con el que hemos establecido el indicador del VI del Servicio Web. En este caso habrá que poner *Aero2*.

Número de decimales: `toFixed(3)` indica que se mostrarán 3 decimales. Si queremos que se muestre otro número de ellos, basta con cambiar el 3.

Unidad: Hay que cambiar la unidad por la misma que se puso en el HTML. Esto es porque la del HTML es la unidad con la que se inicia el cuadro cuando aún no ha recibido datos y ésta es para escribirla cada vez que se actualiza.

Se puede ver el resultado de los cambios en la Figura III.5.10

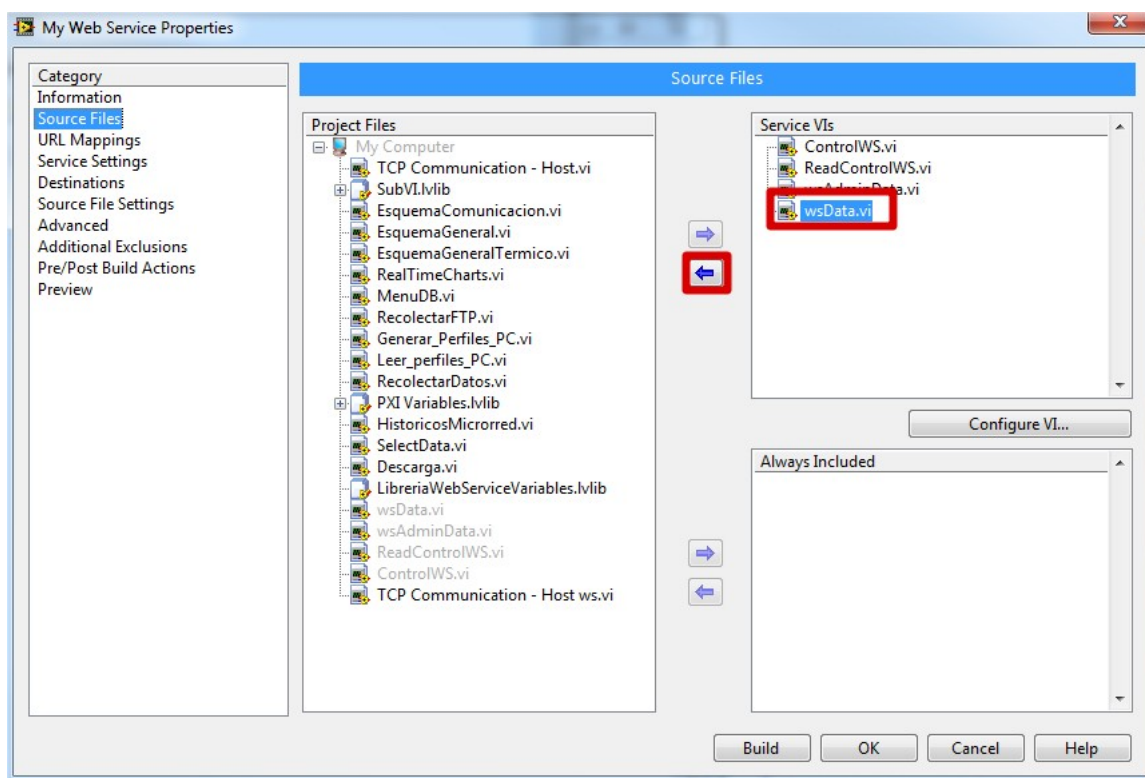


Figura III.5.4: Usuario estándar

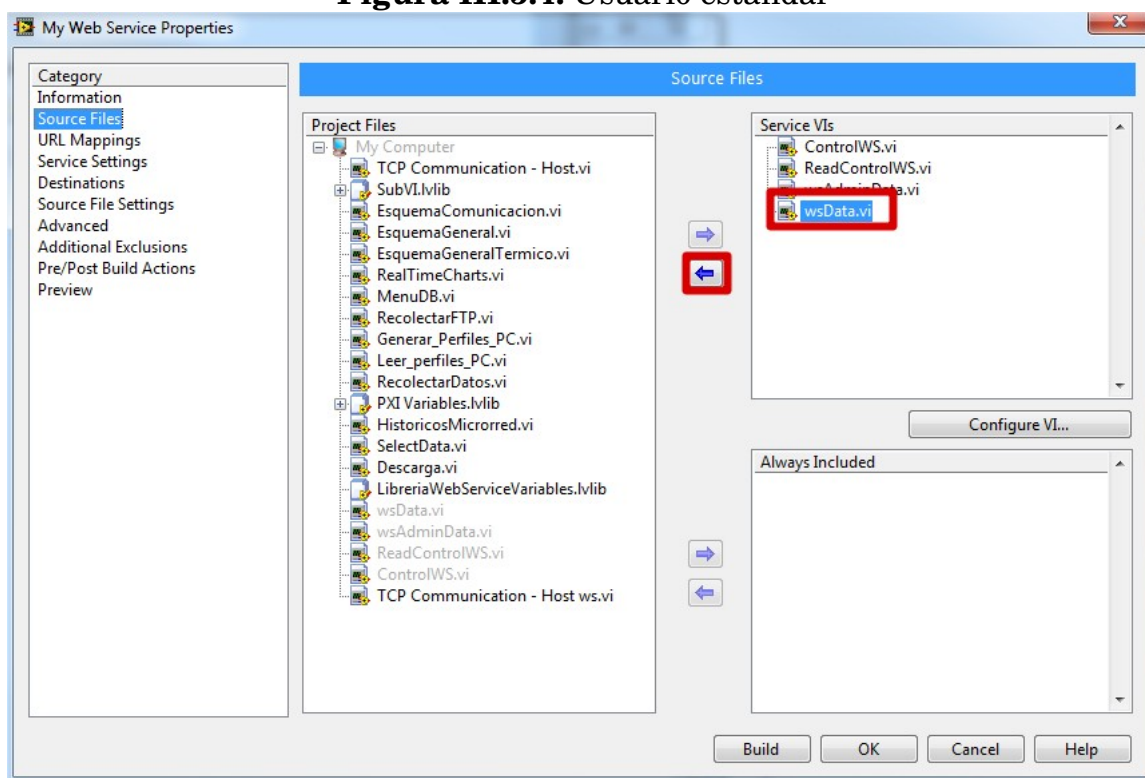


Figura III.5.5: Usuario administrador

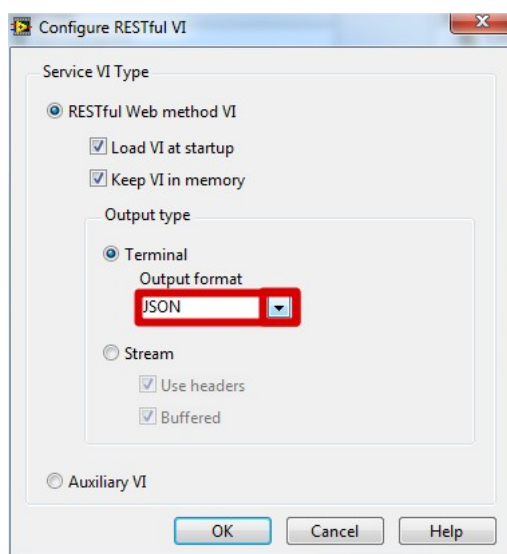


Figura III.5.6: Usuario estándar

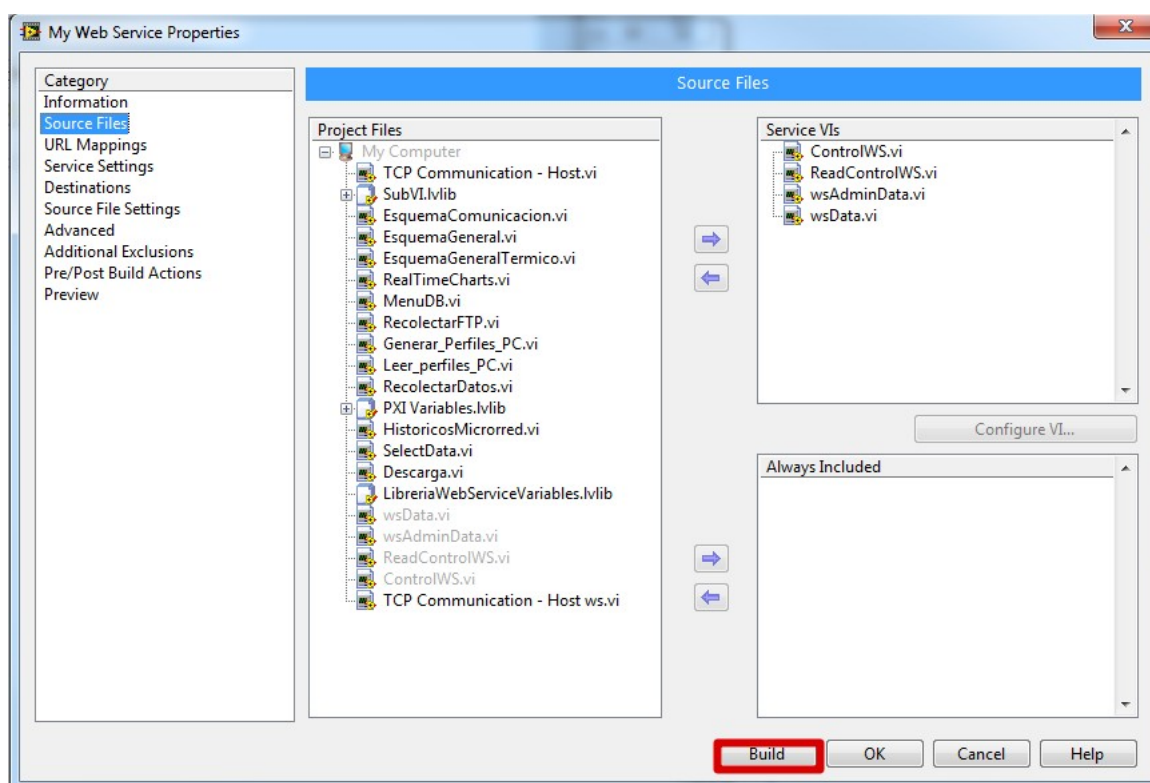


Figura III.5.7: Usuario administrador

```

<div class="element">
  <div class="rectTitle">Aerogenerador</div>
  <br>
  <div class="value" id="tagAeroP"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">kW</span></div>
  <div class="value" id="tagAeroAnem"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">km/h</span></div>
  <div class="value" id="tagAeroTa"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">°C</span></div>
</div>

```

Figura III.5.8: Código HTML elemento

```

<div class="element">
  <div class="rectTitle">Aerogenerador</div>
  <br>
  <div class="value" id="tagAeroP"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">kW</span></div>
  <div class="value" id="tagAeroAnem"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">km/h</span></div>
  <div class="value" id="tagAeroTa"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">°C</span></div>
  <div class="value" id="tagAeroAnem2"><span class="numberT">0</span> <span class="udT">km/h</span></div>
</div>

```

Figura III.5.9: Se añade el dato tagAeroAnem2

```

document.getElementById("tagCCV1").innerHTML = formatValue(data["CC_V1"].toFixed(1), "v");
document.getElementById("tagCCP").innerHTML = formatValue(data["CC_P"].toFixed(3), "kW");
document.getElementById("tagCnCV1").innerHTML = formatValue(data["CnC_V1"].toFixed(1), "v");
document.getElementById("tagCnCP").innerHTML = formatValue(data["CnC_P"].toFixed(3), "kW");
document.getElementById("tagUltrP").innerHTML = formatValue(data["Ultr_P"].toFixed(3), "kW");
document.getElementById("tagHP").innerHTML = formatValue(data["H_P"].toFixed(3), "kW");
document.getElementById("tagAeroAnem2").innerHTML = formatValue(data["Anem2"].toFixed(3), "km/h");

```

Figura III.5.10: Código Javascript

Capítulo III.6

Líneas Futuras

Aunque se trate de un proyecto bastante completo, siempre surgen aspectos a mejorar para aportar más funcionalidades al sistema. Entre ellos, se pueden nombrar los siguientes:

■ Generación de PDFs desde web

Las dos partes del proyecto: generación de informes automáticos y control desde Web, podrían interrelacionarse para dar lugar a un producto más completo. Una mejora sería poder generar los PDFs desde la página web. Esto supondría no tener que disponer de LabVIEW instalado para poder generar los PDFs, así que la parte de generación de informes obtendría movilidad total.

Se podría añadir una pestaña en la cabecera que llevase a una nueva página para generar el PDF. En ella, se seleccionaría cuál de los dos. Para en análisis energético diario únicamente habría que disponer de un calendario, mientras que para el análisis de la potencia pico habría que implementar un control más exhaustivo que imitase al del VI.

El informe podría aparecer en otra pestaña, o, incluso más sencillo, enviarse por e-mail.

Todo esto se conseguiría creando un nuevo servicio web cuyo único trabajo fuese llamar a los VIs que generan informes con las opciones necesarias. La fecha en el primero y los demás datos en el segundo. También habría que incluir una dirección de e-mail donde LabVIEW se encargaría de adjuntar el fichero PDF que generase.

■ Alarmas por e-mail

Se ha implementado una alarma sencilla que es capaz de enviar un e-mail cuando el inversor híbrido cambia de estado. Se podría usar el mismo subVI y replicarlo en distintas partes del código para que avisase por distintos motivos, como que hay un error de comunicación con algún dispositivo, el SOC ha bajado de un determinado %, etc.

Sería sencillo de implementar, ya que se ha desarrollado un subVI que es capaz de enviar un e-mail y al que únicamente hay que indicarle el destinatario, asunto, cuerpo del mensaje y ficheros adjuntos. Con copiar ese subVI en otras partes del código que tuvieran secuencias case para detectar cuándo existen esas situaciones de las que se debe avisar.